



TESIS - TE142599

**RANCANG BANGUN *AUTOMATIC AUDIO
ORGANIC GROWTH SYSTEM* (AOGS) DENGAN
MENGGUNAKAN PARAMETER SUHU DAN
KELEMBABAN PADA TANAMAN PERTANIAN
PERKOTAAN**

FAHMI HUDAZ
NRP 2214204004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT
Dr. Ir. Nurul Aini, MS

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - TE142599

RANCANG BANGUN *AUTOMATIC AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM* (AOGS) DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER SUHU DAN KELEMBABAN PADA TANAMAN PERTANIAN PERKOTAAN

FAHMI HUDAZ
NRP 2214204004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT
Dr. Ir. Nurul Aini, MS

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN


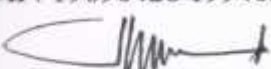
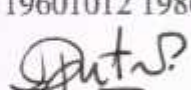
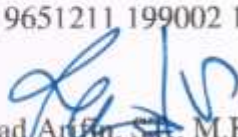
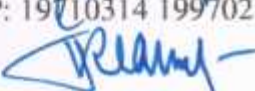
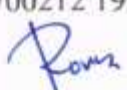
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Fahmi Huda Z
NRP. 2214204004


Tanggal Ujian : 31 Mei 2017
Periode Wisuda: September 2017

Disetujui oleh:

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT (Pembimbing I)
NIP: 19690426 199403 1 003

2. Dr. Ir. Nurul Aini, MS (Pembimbing II)
NIP: 19601012 198601 2 001

3. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D (Penguji)
NIP: 19651211 199002 1 002

4. Achmad Arifin, ST., M.Eng., Ph.D (Penguji)
NIP: 19710314 199702 1 001

5. Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT (Penguji)
NIP: 19700212 199512 1 001

6. Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D (Penguji)
NIP: 19810118 200312 1 003




Dekan Fakultas Teknologi Elektro


Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 19700212 199512 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“RANCANG BANGUN *AUTOMATIC AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM* (AOGS) DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER SUHU DAN KELEMBABAN PADA TANAMAN PERTANIAN PERKOTAAN”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Juli 2017



Fahmi Huda Z.

NRP. 2214204004

RANCANG BANGUN *AUTOMATIC AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM* (AOGS) DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER SUHU DAN KELEMBABAN PADA TANAMAN PERTANIAN PERKOTAAN

Nama mahasiswa : Fahmi Huda Z
NRP : 2214204004
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Co-Pembimbing : Dr. Ir. Nurul Aini, MS.

ABSTRAK

Audio Organic Growth System (AOGS) merupakan suatu alat dengan metode penggunaan gelombang akustik untuk merangsang pembukaan stomata, tujuannya untuk mengintensifkan penyerapan zat-zat yang dibutuhkan tanaman melewati celah stomata. Penggunaan stimulus gelombang akustik pada tanaman kurang cocok apabila dilakukan dalam keadaan suhu dan kelembaban kurang terpenuhi pada area tanaman, hal tersebut mempengaruhi proses membukanya celah stomata, maka penggunaan stimulus gelombang akustik harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan stomata. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat AOGS untuk stimulus pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan prinsip proses fotosintesis dengan memperhitungkan faktor suhu dan kelembaban pada sekitar tanaman, sehingga mampu meningkatkan kualitas serta memperbesar hasil panen tanaman. Metode penelitian yang digunakan adalah mencari dan menentukan parameter gelombang akustik yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman secara positif, dilakukan dengan cara pengambilan data uji coba menggunakan beberapa variasi, diantaranya: bentuk gelombang, frekuensi dan intensitas suara yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, variasi parameter yang paling berpengaruh akan digunakan dalam pembuatan aturan algoritma fuzzy, kemudian digunakan dalam perancangan dan pembuatan AOGS, selanjutnya dilakukan studi eksperimen dengan melakukan pendekatan penelitian secara kuantitatif dan kualitatif. Hasil uji AOGS menggunakan sawi pakcoy ternyata mampu meningkatkan rata-rata tinggi tanaman sebesar 10,40 %, meningkatkan luas daun sebesar 30,90 %, meningkatkan pembukaan stomata sebesar 14,49 %, meningkatkan kandungan klorofil total lebih tinggi sebesar 27,70 %, meningkatkan penyerapan kandungan nitrogen (N) sebesar 25,36 % dan meningkatkan penyerapan kalium (K) sebesar 34,42 % dari pada perlakuan kontrol, serta mampu meningkatkan hasil bobot panen yang lebih besar dibandingkan perlakuan kontrol, yaitu bobot segar sebesar 25,60 % dan bobot kering 58,70 %.

Kata kunci: AOGS, sawi pakcoy, suhu dan kelembaban.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESIGN OF AUTOMATIC AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM (AOGS) USING TEMPERATURE AND HUMIDITY PARAMETERS IN URBAN FARMING AGRICULTURE

By : Fahmi Huda Z
Student Identity Number : 2214204004
Supervisor(s) : 1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
2. Dr. Ir. Nurul Aini, MS.

ABSTRACT

Audio Organic Growth System (AOGS) is a tool with method of used acoustic waves to stimulate the opening of stomata, the purpose is to intensify the absorption of substances that plants need through the stomata gap. The use of acoustic wave stimulus in plants is less suitable if done in a state of temperature and humidity is not met in the plant area, it affects the process of opening stomata gap, then the use of acoustic wave stimulus should consider the factors that affect the state of stomata. The purpose of this research were to design and make AOGS for plant growth stimulus by utilizing the principle of photosynthesis process in plants, to improve the quality and increase the crop yield. The research method used is to find and determine the parameters of acoustic waves that affect the plant growth positively, done by taking the test data using several variations, that is: waveform, frequency and sound intensity that affect the plant growth, the variations of the most influential parameter will be used in designing and making AOGS, then conducted experimental studies by conducting a quantitative and qualitative research approach. The results of AOGS test used mustard pakcoy was able to increase the average of plant height by 10,40 %, increase the leaf area by 30,90 %, increase the stomatal opening by 14,49 %, increase the total chlorophyll content higher than 27,70 %, increased the absorption of nitrogen (N) content by 25,36 % and increased the absorption of potassium (K) by 34,42 % from the control treatment, and able to make greater harvest weight than the control treatment, which is for fresh weight increased by 25,60 % and dry weight 58,70 %.

Key words: AOGS, mustard pakcoy, temperature and humidity.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Rancang Bangun *Automatic Audio Organic Growth System* (AOGS) dengan Menggunakan Parameter Suhu dan Kelembaban pada Tanaman Pertanian Perkotaan** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) pada bidang keahlian Elektronika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tesis ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Ibu Dr. Ir. Nurul Aini, MS selaku Dosen Pembimbing yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi dalam bidang keilmuan Pertanian.
3. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro – ITS, dan selaku Dosen Penguji Ujian Sidang Tesis atas saran dan masukannya.
4. Bapak Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D. selaku Sekertaris Jurusan Teknik elektro – Fakultas Teknik Elektro – ITS dan selaku Dosen Penguji Ujian Sidang Tesis atas saran dan masukannya.
5. Bapak Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Biomedik dan selaku Dosen Penguji Ujian Sidang Tesis atas saran dan masukannya.
6. Bapak Ronny Mardiyanto S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji Ujian Sidang Tesis atas saran dan masukannya.
7. Pimpinan dan civitas akademika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektro – ITS.

8. Ibu, Ayah, dan saudaraku, atas segala dukungan dan doanya hingga terselesaikannya tesis ini.
9. Teman-teman seperjuanganku. Teman-teman Elektro 2014, serta teman-teman antar jurusan terima kasih atas bantuan, kebersamaan, persahabatan serta motivasi yang tiada henti demi terselesaikannya tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih terdapat kekurangan, dan penulis berharap semoga tesis ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Surabaya, 15 Juli 2017

Penulis

Fahmi Huda Z

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan dan Manfaat	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Kontribusi	6
1.6 Metodologi Penelitian	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	9
2.2 Stomata	10
2.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Stomata	11
2.2.2 Pengaruh Kelembaban Terhadap Stomata	13
2.2.3 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Stomata	14
2.3 Fotosintesis	15
2.4 Mekanisme Fotosintesis	19
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Laju Fotosintesis	20
2.6 <i>Audio Organic Growth System</i> (AOGS)	21
2.7 Akustik	22
2.8 Pengaruh Gelombang Akustik Terhadap Tanaman	24
2.9 Pertanian Perkotaan	26
2.10 Penelitian Terdahulu	28
2.11 Diagram <i>Fishbone</i>	33

2.12	<i>Fuzzy Logic</i>	34
2.12.1	Fuzzyfikasi.....	34
2.12.2	Inferensi Fuzzy	36
2.12.3	Defuzzyfikasi	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1	Studi Literatur	40
3.2	Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman.....	41
3.2.1	Sinyal Generator	44
3.2.2	Kotak Penelitian.....	46
3.2.3	Power Amplifier	47
3.2.4	Prosedur Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman	48
3.3	Analisa Data Hasil Pengambilan Data Variasi Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman.....	49
3.4	Perancangan dan Pembuatan <i>Automatic Audio Organic Growth System</i> (AOGS).....	49
3.5	Uji Coba Alat dengan Bahan Uji Tanaman Pertanian Perkotaan	53
3.5.1	Persiapan Tanaman Sawi Pakcoy	54
3.5.2	Proses Stimulus Menggunakan AOGS	56
3.5.3	Pengambilan Data	57
3.6	Analisa Data Hasil Uji Coba <i>Automatic Audio Organic Growth System</i> (AOGS) dengan Bahan Uji Tanaman Pertanian Perkotaan	63
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		65
4.1	Hasil Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman	65
4.2	Hasil Perancangan dan Pembuatan <i>Automatic Audio Organic Growth System</i> (AOGS).....	71

4.2.1	Pengujian Frekuensi dan Taraf Intensitas Bunyi	73
4.2.2	Pengujian Sensor	73
4.2.3	Pengujian Aturan	73
4.3	Hasil dan Analisa Data Pengujian AOGS Menggunakan Tanaman Pertanian Perkotaan	74
BAB 5 PENUTUP		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		89
BIOGRAFI.....		
LAMPIRAN.....		

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Stomata dengan Sel Penjaga (<i>Guard Cell</i>).....	11
Gambar 2.2	Pusat Lokasi Fotosintesis pada Tumbuhan	16
Gambar 2.3	Proses Fotosistem Menangkap Cahaya	17
Gambar 2.4	Diagram Siklus <i>Calvin</i>	17
Gambar 2.5	Alur Fotosintesis Kerjasama Antara Reaksi Terang dengan Siklus <i>Calvin</i>	18
Gambar 2.6	Proses Terbentuknya Suara	23
Gambar 2.7	Frekuensi Tinggi dan Rendah.	23
Gambar 2.8	Grafik Kenaikan Rata-rata Panjang Tunas Setiap Kelompok Tanaman	29
Gambar 2.9	Grafik Hubungan Antara Durasi Pemaparan dengan Pembukaan Stomata	30
Gambar 2.10	Prosentase Pertumbuhan Benih <i>Orchid</i> (BL = <i>Bulbophyllum Longisepalum</i> , DAN = <i>Dendrobium Anosmun</i> , DT = <i>Tanii Dendrobium</i>)	32
Gambar 2.11	Hasil Benih <i>Orchid</i> Setelah Diberikan Perlakuan Paparan dengan Berbagai musik (BL = <i>Bulbophyllum longisepalum</i> , DAN = <i>Dendrobium anosmun</i> , DT = <i>Tanii Dendrobium</i>).....	32
Gambar 2.12	Hasil Berat Tanaman Kacang Hijau.....	33
Gambar 2.13	Diagram <i>Fishbone</i> Penelitian Penggunaan Gelombang Akustik pada Tanaman.....	34
Gambar 2.14	Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga.	35
Gambar 2.15	Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu.	36
Gambar 3.1	Blok Diagram Urutan Pelaksanaan Penelitian.	39
Gambar 3.2	Alat Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman.....	42
Gambar 3.3	Sinyal Generator.....	44
Gambar 3.4	Hasil Bentuk Gelombang Sinus pada Layar Osiloskop	45

Gambar 3.5	Hasil Bentuk Gelombang Segitiga pada Layar Osiloskop	45
Gambar 3.6	Hasil Bentuk Gelombang Kotak pada Layar Osiloskop.....	45
Gambar 3.7	(a) Box Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman, (b) Komponen Penunjang untuk Pengambilan Data.....	47
Gambar 3.8	Power Amplifier.	47
Gambar 3.9	Biji Sawi Pakcoy pada Media Tanam Kapas	48
Gambar 3.10	Diagram Rancangan <i>Automatic AOGS</i>	50
Gambar 3.11	Blok Diagram Logika Fuzzy	52
Gambar 3.12	<i>Membership Function</i> untuk Input Suhu	52
Gambar 3.13	<i>Membership Function</i> untuk Input Kelembaban	52
Gambar 3.14	Himpunan <i>fuzzy</i> untuk <i>Output</i> Amplitudo.....	53
Gambar 3.15	Media Tanam Polybeg.....	54
Gambar 3.16	Pembibitan Sawi Packcoy	55
Gambar 3.17	Kelompok Perlakuan Kontrol.....	55
Gambar 3.18	Kelompok Perlakuan Stimulus AOGS	56
Gambar 3.19	Posisi Stimulus AOGS pada Tanaman Sawi Packcoy.	57
Gambar 3.20	Pengukuran Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Menggunakan Mistar.....	58
Gambar 3.21	Pengukuran Luas Daun Sawi Pakcoy Menggunakan Kertas Milimeter	58
Gambar 3.22	Contoh Gambar Preparent Hasil Cetakan Stomata Sawi Pakcoy Menggunakan Cutex Bening	59
Gambar 3.23	Hasil Perhitungan Luas Pembukaan Stomata Daun Sawi Packcoy.....	60
Gambar 3.24	Hasil Ekstraksi Klorofil Daun Sawi Packcoy.....	60
Gambar 3.25	Pengambilan Data Bobot Segar Sawi Packcoy	62
Gambar 3.26	Pengambilan Data Bobot Kering Sawi Packcoy	62
Gambar 4.1	Sampel Hasil Pengambilan Data Awal Pertumbuhan Biji Sawi setelah 5 Hari	65

Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 1000 Hz	66
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 1000 Hz	66
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 2000 Hz	67
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 2000 Hz	67
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy dengan Variasi Suhu dan Kelembaban Menggunakan Stimulus Gelombang Akustik Berbentuk Kotak dengan Frekuensi 2000 Hz	69
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy dengan Variasi Suhu dan Kelembaban Menggunakan Stimulus Gelombang Akustik Berbentuk Kotak dengan Frekuensi 2000 Hz	69
Gambar 4.8	(a) Hasil AOGS Terlihat Dari Luar, (b) Rangkaian Komponen Penyusun AOGS.....	72
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS	74
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Rata-rata Luas Daun Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS ...	75
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Rata-rata Lebar Stomata Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS ...	75

Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Rata-rata Klorofil Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS....	76
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Segar Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS....	76
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kering Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS....	77
Gambar 4.15	Hasil Uji Laboratorium Prosentase Kandungan Nitrogen (N) dan Kalium (K) pada Daun Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan AOGS	77
Gambar 4.16	Sampel Hasil Tampilan Penampang Bentuk Stomata pada Pengambilan Data Perlakuan Kontrol	79
Gambar 4.17	Sampel Hasil Tampilan Penampang Bentuk Stomata pada Pengambilan Data Perlakuan AOGS.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spektrum Panjang Gelombang dari Sinar Tampak.....	14
Tabel 3.1 Perlakuan Paparan Gelombang Akustik dengan Variasi Bentuk Gelombang, Besar Frekuensi, dan Taraf Intensitas Bunyi	42
Tabel 3.2 Parameter Variasi Nilai Suhu dan Kelembaban.....	43
Tabel 3.3 <i>Rule</i> Amplitudo	53
Tabel 4.1 Kesimpulan Nilai SPL yang Lebih Berpengaruh Positif Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy.....	70

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan daerah pertanian yang sangat luas yaitu 8.183.886 ha (sumber data merupakan hasil sinkronisasi antara Badan Pertanahan Nasional dengan Kementerian Pertanian tahun 2009-2010). Kesuburan dan hasil panen yang melimpah menjadi prioritas utama. Seiring dengan bertambahnya jumlah manusia yaitu pada tahun 2010 tercatat 239 juta jiwa, pada tahun 2015 tercatat 257,39 juta jiwa dan diperkirakan pada tahun 2020 terdapat 261,23 juta jiwa, dan pada tahun 2025 terdapat 265,12 juta jiwa menyebabkan semakin bertambah kebutuhan manusia, baik kebutuhan pangan maupun kebutuhan hasil pertanian (Suswono, 2012). Selain itu, lahan pertanian juga semakin berkurang dan penggunaan pupuk yang kurang efektif serta harganya semakin mahal, maka perlu pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya yang berkaitan dengan usaha-usaha untuk mendapatkan hasil pertanian dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama, mempunyai kualitas yang baik dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan serta terjamin ketersediaannya dimasa yang akan datang.

Penelitian tentang usaha peningkatan kualitas hasil bahan pangan yang telah dilakukan sudah tidak sedikit lagi, namun kebanyakan hasil penelitian pada zaman modern ini menggunakan bahan-bahan kimia sebagai upaya untuk meningkatkan hasil kualitas tanaman, dan tidak sedikit yang gagal, bahkan telah banyak dibuktikan bahwasanya banyak zat-zat kimia yang mampu meningkatkan hasil tanaman secara pesat. Dibalik penggunaan zat-zat kimia tersebut banyak terkandung nilai-nilai negatif yang nantinya lambat laun akan mengakibatkan penurunan nilai kualitas tanaman, serta dampak-dampak yang disebabkan oleh bahan tersebut sangat merugikan dan dapat mengancam kesehatan manusia sebagai mahluk konsumen. Maka dari itu, diperlukan penelitian usaha peningkatan hasil kualitas tanaman secara organik tanpa menggunakan bahan kimia.

Audio Organic Growth System (AOGS) pada dasarnya merupakan cara yang digunakan dalam pemupukan daun (*foliar*) dengan cara penyemprotan atau pengkabutan dengan menggunakan pupuk yang mengandung *trace mineral* kemudian serentak dengan dilakukannya pemaparan suara akustik. Teknologi sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Dan Calson dari Amerika yang melakukan studi fisiologi tumbuhan di Universitas Minnesota. Mulut daun akan membuka dan menutup oleh suatu organ yang disebut *guard cell* (sel penjaga), respon ini muncul karena adanya kelembaban, suhu dan cahaya yang terpenuhi. Gelombang akustik merupakan gerakan mekanis yang mampu menggetarkan semua materi yang dilaluinya dengan frekuensi getar yang sama, peristiwa ini disebut resonansi. Resonansi yang diarahkan pada tanaman akan menggetarkan molekul nutrisi pada permukaan daun, sehingga mengintensifkan penetrasinya melalui stomata atau mulut daun. Setiap stomata yang membuka memungkinkan oksigen dan air melewati celah tersebut (transpirasi), sementara gas-gas lainnya, terutama CO₂ juga melalui celah stomata untuk berlangsungnya proses fotosintesis menghasilkan zat makanan bagi tumbuhan. Selama kondisi kering, stomata ini akan menutup untuk mencegah layunya tumbuhan akibat kekeringan.

Penggunaan sistem *Audio Organic Growth System* (AOGS) dengan memanfaatkan gelombang akustik sebagai upaya pemenuhan krisis bahan pangan merupakan salah satu bentuk usaha yang menjanjikan, akan tetapi, proses ini masih memerlukan beberapa penelitian secara mendalam, pengkajian dan perlakuan uji coba secara riil. Sejumlah penelitian terus dilakukan untuk menghasilkan hasil yang optimal, misalnya penggunaan gelombang akustik yang digunakan untuk stimulus tanaman *Zea mays* muda (jagung), dengan hasil bahwasanya akar muda dari uji coba membungkuk ke arah sumber suara yang mempunyai frekuensi 200 Hz dan 300 Hz dengan perlakuan secara terus-menerus (Gagliano, 2012). Penelitian dengan memanfaatkan gelombang akustik yang digunakan dalam stimulus pertumbuhan tanaman, dengan menggunakan tanaman padi, gandum, bayam, dan kapas, dengan hasil bahwasanya frekuensi antara 0,1 sampai 1 kHz dan intensitas suara yang digunakan sebesar 70 dB, maka dapat meningkatkan hasil panen tanaman padi, gandum, bayam, dan kapas (Hassanien dkk, 2014). Penelitian penggunaan paparan musik untuk stimulus pertumbuhan

tanaman bunga mawar, dengan metode penggunaan 30 tanaman bunga mawar yang dibagi menjadi 5 kelompok dalam pot terpisah, masing-masing kelompok pot diberi paparan menggunakan variasi jenis musik, diantaranya: musik Rock, musik Western Classical, musik Indian Classical, musik Vedic Chants dan satu kelompok dengan perlakuan kontrol. Hasilnya didapatkan bahwasanya penggunaan stimulus dengan musik Vedic Chants mengalami peningkatan paling signifikan dan tanaman ros dengan perlakuan kontrol mengalami peningkatan yang paling lambat (Chivukula dan Ramaswamy, 2014). Gelombang suara yang digunakan dalam stimulus tanaman mampu meningkatkan hasil panen (Pujiwati dan Djuhari, 2014).

Penelitian yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa gelombang suara akustik mempunyai pengaruh yang positif terhadap pertumbuhan tanaman. Dari beberapa penelitian tersebut masih harus dilakukan kajian yang lebih mendalam, misalnya teknologi yang digunakan dalam pembangkitan gelombang akustik masih dilakukan secara konvensional, yaitu dengan menggunakan alat dengan *range* frekuensi tertentu yang diolah dengan aplikasi komputer dan jika diaplikasikan dalam pemaparan secara riil maka ada beberapa parameter yang belum terpenuhi, misalnya dalam hal keadaan tumbuhan yang akan dilakukan pemaparan yang dilihat dari suhu dan kelembaban, yang mana hal tersebut sangat berpengaruh dalam sistem transportasi tumbuhan, juga dapat dilihat dari segi *interface* alat yang digunakan dalam penelitian masih perlu perancangan agar alat dapat mempermudah pengguna, kemudian proses pemaparan gelombang akustik pada tanaman sangat tidak cocok ketika suhu pada sekeliling tanaman sangat tinggi (siang hari) karena stomata akan menutup, maka jika dipaksa untuk diberi pengaruh gelombang akustik maka tanaman akan layu, bahkan bisa mati karena gelombang akustik memaksa stomata untuk membuka, padahal stomata tersebut melakukan adaptasi menutup karena terjadi penguapan yang berlebih pada daun.

Penelitian tentang penggunaan gelombang akustik pada tanaman masih memiliki beberapa permasalahan. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian yang lebih mendalam sebagai rekomendasi hasil bahan pangan dalam ketahanan pangan, dalam hal ini penelitian yang akan dilakukan dititik beratkan pada perancangan alat *Audio Organic Growth System* (AOGS), kemudian dilakukan uji

sampel terhadap pengaruh penggunaan sistem tersebut, yaitu dengan pengambilan data perubahan fisik tanaman yang telah diberi perlakuan khusus dan membandingkannya dengan tanaman tanpa perlakuan khusus.

Perancangan sistem yang akan dibuat, digunakan parameter yang dibutuhkan dalam fotosintesis, yaitu proses tersebut menyebabkan terbukanya stomata. Parameter yang paling penting misalnya adanya suhu dan kelembaban. Kenaikan suhu cenderung dapat meningkatkan penguapan air, dalam hal ini sangat mempengaruhi tekanan turgor daun dan secara otomatis mempengaruhi pembukaan stomata. Bila daun mempunyai kelembaban yang cukup maka stomata akan membuka, proses transpirasi bergantung pada selisih antara konsentrasi molekul uap air di dalam rongga antar sel di daun dengan konsentrasi molekul uap air di udara. Jadi apabila kedua parameter tersebut tidak terpenuhi maka sel penjaga pada stomata tidak akan membuka. Dan jika stomata diberikan paparan gelombang akustik secara paksa yang sifatnya untuk mengintensifkan pembukaan stomata, maka terdapat kemungkinan tidak akan terjadinya efek dalam perlakuan, atau bahkan perlakuan bisa membuat tanaman mati karena terjadi pemaksaan modifikasi sistem transportasi pada tumbuhan yang disebabkan terjadinya penguapan air pada daun yang berlebihan.

Parameter suhu dan kelembaban yang digunakan bertujuan untuk mengoptimalkan hasil energi dari fotosintesis, yaitu dengan cara menggetarkannya dengan menggunakan gelombang akustik yang dapat berpengaruh pada hasil tanaman. Jadi penggetaran yang dilakukan alat akan dilakukan ketika stomata terbuka dan sebaliknya, secara tidak langsung dapat dikatakan alat akan aktif jika kedua parameter (suhu dan kelembaban) terpenuhi dan alat akan mati jika salah satu ataupun kedua parameter tersebut tidak terpenuhi. Oleh karena itu, akan digunakan logika *fuzzy* sebagai penentu proses pemaparan guna menggetarkan stomata. Diharapkan alat yang akan dibuat mampu mempengaruhi tanaman yang telah diberi perlakuan gelombang akustik secara positif, tujuannya untuk menunjang besarnya hasil produksi tanaman pangan, hal ini merupakan suatu usaha sebagai upaya mempertahankan ketahanan pangan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana cara meningkatkan kualitas hasil panen pada tanaman.
2. Bagaimana cara merancang dan membuat *Organic Growth System* (AOGS) dengan menggunakan parameter suhu dan kelembaban sesuai syarat hidup pertumbuhan tanaman tertentu.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan alat yang telah dibuat terhadap tanaman uji coba.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Mengacu pada rumusan masalah penelitian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan penggunaan *Audio Organic Growth System* (AOGS) pada tanaman pertanian perkotaan.
2. Meningkatkan inovasi teknologi melalui rancang bangun *Audio Organic Growth System* (AOGS).
3. Melakukan identifikasi terhadap tanaman yang diberi paparan gelombang akustik dengan menggunakan alat yang telah dibuat.

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Alat yang dibuat ditujukan pada masyarakat, khususnya pada bidang pertanian untuk memperbesar produksi hasil panen.
2. Alat dibuat untuk memperingan beban pembelian pupuk kimia pada bidang pertanian, khususnya pada individu pelaku dalam bidang pertanian, dan umumnya pada pemerintah sebagai upaya memperkecil pengeluaran biaya subsidi produksi pupuk kimia yang ada pada masyarakat.
3. Penelitian yang dilakukan untuk memperkenalkan metode pemupukan tanaman tanpa membutuhkan pupuk kimia yang berlebihan, yang dampaknya kurang baik bagi segi kesehatan pada pelaku konsumen dan memperkecil dampak buruk yang dihasilkan dari proses pemupukan zat kimia pada lahan pertanian.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian akan diambil batasan-batasan untuk memperjelas ruang lingkup permasalahan. Adapun batasan-batasan masalah tersebut antara lain:

1. Dilakukan uji coba terlebih dahulu pada suatu tanaman untuk mendapatkan besaran frekuensi dan taraf intensitas bunyi yang berpengaruh pada tanaman, kemudian nilai tersebut akan digunakan dalam pembuatan algoritma.
2. Digunakan bahan uji tanaman sawi packcoy dengan sistem pertanian perkotaan, penelitian hanya dilakukan pada pertumbuhan fase vegetatif tanaman.

1.5 Kontribusi

Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan bidang keilmuan elektronika dengan memberikan kontribusi terhadap kemajuan pengembangan keilmuan pada bidang pertanian, untuk membantu mempercepat pertumbuhan tanaman serta memperbesar hasil panen tanaman, sebagai upaya menjaga kesetabilan ketahanan pangan masyarakat.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan merancang dan membuat alat, serta studi eksperimental dengan melakukan pendekatan penelitian secara kuantitatif dan kualitatif. Alat berupa pembangkit gelombang akustik yang digunakan untuk setimulus pertumbuhan tanaman. Gelombang akustik yang digunakan stimulus bertujuan untuk memperbesar pembukaan stomata pada daun, dampaknya adalah untuk mengintensifkan penyerapan zat-zat yang dibutuhkan tanaman yang melewati stomata, efeknya adalah memperbesar hasil panen pada tanaman. Tanaman uji coba yang dipakai berupa tanaman sawi pakcoy, uji coba dilakukan di dalam greenhouse. Tanaman uji coba dibagi menjadi 2 kelompok, kelompok pertama berupa tanaman yang diberi perlakuan alat, kelompok kedua berupa tanaman kontrol, hal ini dilakukan sebagai pembandingan antara tanaman perlakuan alat dengan tanpa perlakuan alat. Pengambilan data dilakukan di laboratorium. Data berupa tinggi tanaman, luas daun, lebar pembukaan stomata, prosentase

kandungan klorofil daun, bobot panen tanaman, dan kandungan nitrogen (N) dan kalium (K). Data yang diperoleh akan dikaji dan disimpulkan hasilnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan pada penelitian. Dibutuhkan beberapa konsep dasar yang mendukung tentang perancangan dan pembuatan alat yang mampu mengeluarkan gelombang akustik, yang berguna sebagai stimulus pertumbuhan tanaman.

2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Perkembangan adalah suatu proses perubahan yang terjadi pada tumbuhan secara hormonal, pertumbuhan adalah suatu proses dimana tumbuhan mengalami penambahan jumlah sel. Dalam hal ini kedua proses tersebut sangat penting guna mempertahankan hidup serta melestarikan keturunannya.

Ciri pertumbuhan dapat diukur melalui pengukuran penambahan volume. Pertambahan volume sering ditentukan dengan cara mengukur perbesaran ke satu atau dua arah, seperti panjang, diameter, atau luas. Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman semakin besar dan menentukan hasil tanaman.

Pertambahan ukuran tubuh tanaman secara keseluruhan merupakan hasil dari penambahan ukuran bagian-bagian (organ-organ) tanaman akibat dari penambahan jaringan sel yang dihasilkan oleh penambahan ukuran sel (Sitompul dan Guritno 1995). Pertumbuhan dan perkembangan terjadi melalui tiga proses sederhana yaitu pembelahan sel, pembesaran sel, dan diferensiasi sel. Sel dapat membelah ke arah yang berbeda-beda. Pembesaran sel sebagian besar merupakan peristiwa penyerapan air ke dalam vakuola yang kemudian mengembang. Pada organ tumbuhan yang memanjang, pembesaran terjadi terutama ke satu dimensi hanya ke arah memanjangnya.

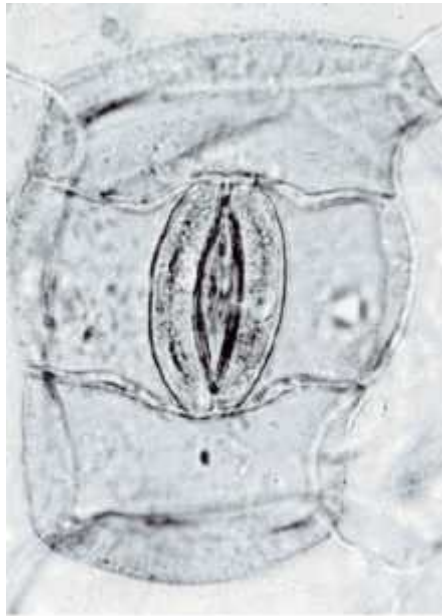
Pertumbuhan vegetatif dan generatif adalah proses penting dalam siklus hidup setiap jenis tumbuhan (Gardner dkk, 1991). Pertumbuhan vegetatif adalah penambahan volume, jumlah, bentuk, dan ukuran organ-organ vegetatif seperti

daun, batang, dan akar yang dimulai dari terbentuknya daun pada proses perkecambahan hingga awal terbentuknya organ generatif. Sedangkan pertumbuhan generatif adalah pertumbuhan organ generatif yang dimulai dengan terbentuknya *primordia* bunga hingga buah masak. Kedua proses dan fase pertumbuhan ini ditentukan oleh faktor genetik dan lingkungan, tempat tumbuh tanaman, sehingga terdapat perbedaan masa dan fase antar jenis, varietas dan lingkungan yang berbeda.

2.2 Stomata

Pembuluh-pembuluh pengangkut berkelompok membentuk berkas ikatan pembuluh yang meluas ke seluruh organ tubuh, misalnya akar, batang, daun, dan bunga sehingga transportasi tumbuhan dapat berlangsung dengan cepat dan efisien. Pengambilan zat-zat berupa gas dilakukan melalui alat khusus yaitu stomata. Stomata adalah celah yang dibatasi oleh dua sel penjaga (*guard cell*). Stomata adalah suatu sel yang merespon terhadap sinyal perubahan lingkungan serta endogen khusus dan berubah bentuk untuk memungkinkan pertukaran gas (Croxdale, 2001). Sel-sel secara struktural diadaptasi untuk suatu gerakan yang terjadi sebagai akibat dari meningkatnya potensial osmotik dan tekanan turgor. Gambar 2.1 terlihat bentuk stomata dengan dua sel penjaga.

Skema mekanisme membukanya stomata: cahaya - fotosintesis (dalam sel mesofil) - berkurangnya CO₂ (dalam ruang antar sel) - menaikkan pH (dalam sel penjaga) - perubahan amilum (secara enzimatik) menjadi gula - menaikkan kadar gula - menaikkan tekanan osmotik - menaikkan turgor - stomata membuka.



Gambar 2.1 Stomata dengan Sel Penjaga (*Guard Cell*) (Croxdale, 2001).

2.2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Stomata

Suhu mempengaruhi beberapa proses fisiologis penting seperti bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air serta nutrisi, fotosintesis, dan respirasi. Tanaman memiliki suhu optimum untuk tumbuh yaitu berkisar antara 15°C hingga 30°C karena enzim-enzim yang bekerja dalam tubuh tanaman membutuhkan suhu optimum tersebut, jika melewati suhu optimum maka selanjutnya yang terjadi adalah menurunnya aktivitas enzim. Laju fotosintesis pada tumbuhan tropis meningkat dari suhu minimum 5°C sampai suhu 35°C , di atas kisaran suhu ini laju fotosintesis menurun. Suhu di atas 35°C menyebabkan kerusakan sementara atau permanen protoplasma yang mengakibatkan menurunnya kecepatan fotosintesis, semakin tinggi suhu semakin cepat penurunan laju fotosintesis (Loveless (1991).

Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan laju transpirasi meningkat, bahkan dapat melampaui penyerapan air oleh akar tanaman, selanjutnya akan mengakibatkan sel tanaman mengering dan akhirnya mati. Fotodestruktif adalah tingginya intensitas cahaya yang mengakibatkan fotosintesis semakin tidak bertambah lagi dikarenakan tanaman mengalami batas titik jenuh cahaya sehingga bukan menjadi sumber energi tetapi sebagai perusak. Suhu optimum yang

dibutuhkan tanaman berbeda-beda, misalnya suhu yang bagus untuk tanaman cabai berkisar 25°C-30°C (Tarigan dan Wiryanta, 2003), suhu yang dibutuhkan tanaman cabai berkisar 24°C-27°C (Pitojo, 2003), dan jika masa kecambah membutuhkan 21°C-24°C, namun optimalnya 21°C-28°C.

Stomata berperan penting sebagai alat untuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pada kondisi cekaman kekeringan maka stomata akan menutup sebagai upaya untuk menahan laju transpirasi. Senyawa yang banyak berperan dalam membuka dan menutupnya stomata adalah asam absisat (ABA). ABA merupakan senyawa yang berperan sebagai sinyal adanya cekaman kekeringan sehingga stomata segera menutup (Pugnaire dan Pardos, 1999). Beberapa tanaman beradaptasi terhadap cekaman kekeringan dengan cara mengurangi ukuran stomata dan jumlah stomata (Price dan Courtois, 1991). Mekanisme membuka dan menutup stomata pada tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan sangat efektif sehingga jaringan tanaman dapat menghindari kehilangan air melalui penguapan (Price dan Courtois, 1991) (Pugnaire dan Pardos, 1999).

Laju transpirasi dan pembukaan stomata menunjukkan adanya variasi diurnal. Pembukaan stomata pada beberapa tanaman dan berbagai kondisi lingkungan menunjukkan adanya perbedaan. Pembukaan stomata pada tanaman kacang babi (*Cajanus cajan*) meningkat sampai jam 09.00, kemudian menurun, dan meningkat lagi pada sore hari apabila air cukup. Apabila kekurangan air, maka tidak terjadi peningkatan pembukaan stomata setelah jam 09.00. Berkurangnya pembukaan stomata pada siang hari menunjukkan toleransi kacang babi terhadap cekaman air (Singh dkk, 1983).

Pembukaan porus stomata maksimal terjadi pada pagi hari pukul 09:00, kemudian mengalami penurunan porus pembukaan stomata pada pukul 12:00, dan membuka menjadi lebar kembali pada pukul 03:00. Hal ini dikarenakan adanya suhu tinggi 30-35° C pada umumnya stomata mengalami adaptasi dengan cara menutup (menutup sedikit) sebagai respon tidak langsung terhadap keadaan rawan air (Haryani dan Meirina, 2009). Daun tanaman anggur (*Vitis vinifera*) menunjukkan pembukaan stomata paling tinggi terjadi pada pagi hari (08.00), kemudian semakin menurun pada siang hari sampai sore hari. Pembukaan stomata

pada daun yang terkena sinar matahari lebih besar dibandingkan dengan daun yang ternaungi (Jara-Rojas dkk, 2009).

Pembukaan stomata pada tanaman *Piper hispidum* dipengaruhi oleh perubahan kelembaban relatif (RH) harian. Pada pagi hari (09.00) pembukaan stomata paling tinggi dengan RH yang tinggi. Setelah itu terjadi penurunan pembukaan stomata sampai jam 13.00, kemudian meningkat lagi pada sore hari, setelah jam 16.00 terjadi penurunan (Mooney dkk, 1983). Pada tanaman *Dalbergia miscolobium* menunjukkan bahwa stomata mulai membuka lebar pada saat pagi hari (pukul 08.00), namun pada saat intensitas cahaya meningkat tajam yaitu pada pukul 12.00 stomata menutup (Jose dan Rosy, 2004).

2.2.2 Pengaruh Kelembaban Terhadap Stomata

Kelembaban udara adalah banyaknya kandungan uap air di atmosfer. Udara atmosfer adalah campuran dari udara kering dan uap air. Kelembaban udara merupakan tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam bentuk uap air. Uap air adalah suatu gas, yang tidak dapat dilihat, yang merupakan salah satu bagian dari atmosfer. Kabut dan awan adalah titik air atau butir-butir air yang melayang-layang di udara.

Kelembaban udara mempengaruhi aktivitas fotosintesis pada suatu tanaman, hal ini karena adanya perubahan pola fotosintesis akibat perubahan kelembaban udara dan hubungan kelembaban dengan intensitas cahaya dan temperatur. Temperatur udara yang tinggi menyebabkan temperatur di dalam daun meningkat dan menyebabkan air di dalam daun menguap dengan cepat. Jika hal ini berjalan terus maka tanaman akan layu kehabisan air karena daun terlalu cepat menguapkan air ke udara dan tidak seimbang dengan kecepatan penyerapan air dari tanah oleh akar. Kelembaban relatif yang dibutuhkan tanaman secara umum berkisar 50%. Kelembaban udara akan berpengaruh pada proses transpirasi, bila daun mempunyai kandungan air yang cukup dan stomata terbuka, maka laju transpirasi bergantung pada selisih antara konsentrasi molekul uap air di dalam rongga antar sel di daun dengan konsentrasi molekul uap air di udara (Loveless, 1991).

2.2.3 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Stomata

Sinar matahari terdiri atas berbagai sinar yang berlainan panjang gelombangnya. Sinar-sinar yang tampak oleh mata mempunyai panjang gelombang 390 μm sampai 760 μm (1 μm = 10 amstrom). Diurutkan dari yang mempunyai panjang gelombang yang besar maka sinar-sinar tersebut adalah merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Sinar-sinar yang mempunyai gelombang lebih pendek daripada sinar ungu adalah sinar ultra ungu, sinar X, sinar gamma dan sinar kosmik. Sinar-sinar yang lebih pendek gelombangnya maupun sinar yang lebih panjang gelombangnya dari sinar merah yaitu sinar inframerah, semuanya tidak mempengaruhi dalam proses fotosintesis. Spektrum dari sinar yang tampak oleh mata terlihat pada Tabel 2.1 dengan panjang gelombangnya dinyatakan dengan μm .

Seberkas cahaya yang sama kuatnya dari cahaya monokromatik dari berbagai panjang gelombang yang dipancarkan pada daun yang berwarna hijau (ketika kecepatan fotosintesis pada setiap panjang gelombang diukur), ternyata panjang gelombang cahaya biru dan cahaya merah adalah yang paling efektif, dan cahaya hijau yang paling tidak efektif dalam melakukan fotosintesis (Loveless, 1991). Hal ini terkait dengan sifat cahaya dimana cahaya dapat dipantulkan, diteruskan, dan diserap. Bahan yang dapat menyerap cahaya tampak disebut pigmen. Pigmen yang berbeda akan menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dan panjang gelombang yang diserap akan menghilang. Jika suatu pigmen diterangi dengan cahaya putih maka warna yang akan terlihat adalah warna paling banyak dipantulkan atau diteruskan oleh pigmen bersangkutan (jika suatu pigmen menyerap semua panjang gelombang, pigmen itu akan tampak hitam). Daun tampak berwarna hijau karena klorofil menyerap cahaya warna merah dan biru ketika meneruskan dan memantulkan cahaya warna hijau.

Tabel 2.1 Spektrum Panjang Gelombang dari Sinar Tampak

Ungu	Nila	Biru	Hijau	Kuning	Jingga	Merah
390-430	430-470	470-500	500-560	560-600	600-650	650-760

Sumber: Dwidjoseputro, 1989.

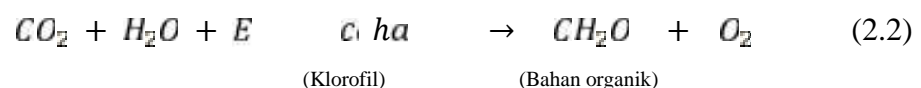
Planck dan Einstein menganggap cahaya terdiri atas partikel-partikel kecil yang disebut foton. Foton mempunyai sifat materi dan gelombang, yang memiliki suatu energi yang dinyatakan dengan kuantum. Foton bertindak seperti objek yang memiliki jumlah energi yang tetap. Besar energi yang dimiliki oleh cahaya itu bergantung pada panjang pendeknya gelombang. Fotosintesis dan reaksi fotokimia lainnya tidak bergantung pada energi total cahaya, tapi pada jumlah foton atau kuantum yang diserap. Salisbury dan Ross (1995) mengatakan bahwa foton dengan spektrum biru mempunyai energi hampir 2 kali lipat dibandingkan dengan foton pada spektrum merah, tetapi kedua foton itu mempunyai efek yang sama dalam fotosintesis. Energi foton dapat dihitung dengan Persamaan 2.1,

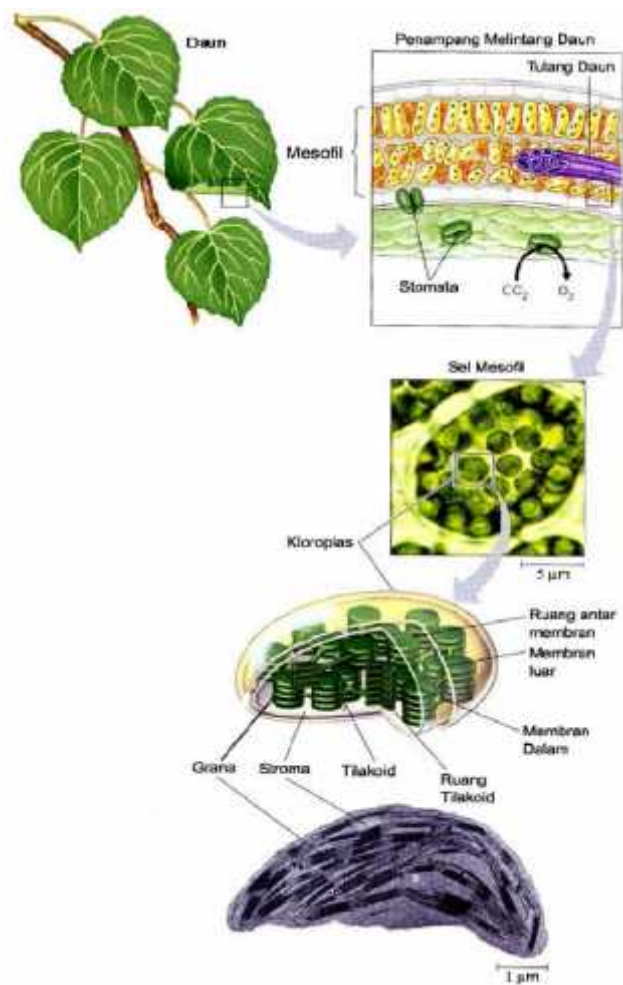
$$E = h \times f \quad (2.1)$$

dengan, E adalah energi foton, h merupakan konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$), dan f adalah frekuensi gelombang.

2.3 Fotosintesis

Fotosintesis adalah suatu proses pada tumbuhan hijau untuk menyusun senyawa organik dari karbondioksida dan air. Proses fotosintesis hanya akan terjadi jika ada cahaya dan melalui perantara pigmen hijau klorofil yang terletak pada organel sitoplasma tertentu yang disebut kloroplas. Air dibutuhkan tanaman untuk turgor sel dan untuk proses fotosintesis. Tanaman yang tidak cukup mendapatkan air maka turgor sel rendah dan stomata akan menutup. Penutupan stomata menyebabkan suplai CO_2 terhambat sehingga mengakibatkan penurunan proses fotosintesis (Aini, 2014). Reaksi keseluruhan dapat ditulis dengan Persamaan 2.2 sebagai berikut (Loveless, 1991):

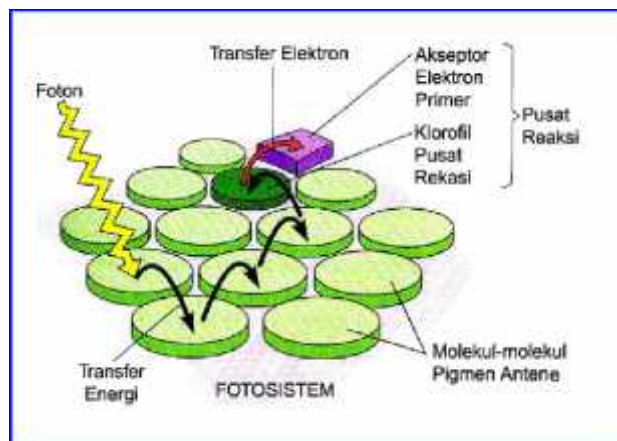




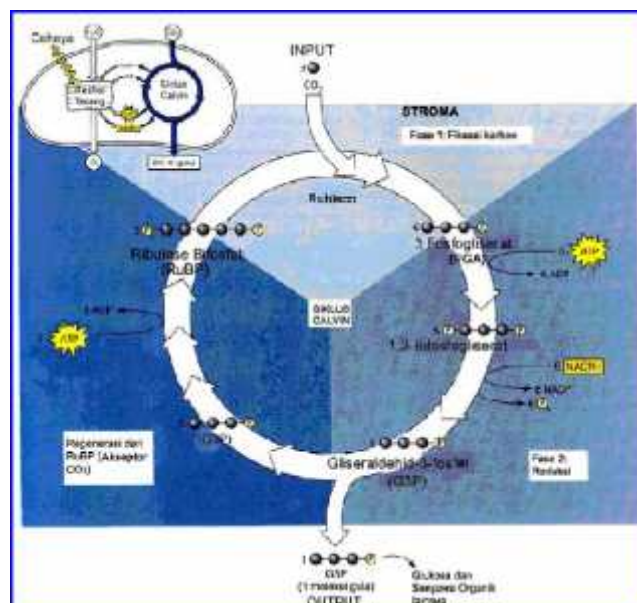
Gambar 2.2 Pusat Lokasi Fotosintesis pada Tumbuhan (Campbell dan Reece, 2002),

Daun merupakan organ fotosintesis utama di dalam tumbuhan (Campbell dan Reece, 2002). Gambar 2.2 memperlihatkan bentuk daun, penampang melintang sehelai daun, sebuah sel mesofil dan sebutir kloroplas, yaitu suatu organella tempat fotosintesis berlangsung. Pertukaran gas antara jaringan mesofil daun dengan gas yang terdapat di atmosfer berlangsung melalui suatu porus mikroskopis yang disebut stoma (jamaknya: stomata). Kloroplas sebagian besar terdapat pada mesofil, dibatasi oleh dua buah membran yang membungkus stroma, yaitu suatu fluida yang kental. Sistem membran tilakoid memisahkan stroma dari ruang tilakoid. Tilakoid tersusun dalam suatu tumpukan yang disebut granum (jamaknya: grana).

Fotosistem adalah unit dari membran tilakoid yang menangkap cahaya. Masing-masing fotosistem merupakan sebuah kompleks protein, dan terdapat macam-macam molekul lainnya, termasuk juga sebuah *antena*, yang terdiri dari beberapa ratus molekul pigmen. Ketika sebuah foton mengenai sebuah molekul pigmen, maka energinya dilintaskan dari molekul satu ke molekul lainnya sampai mencapai pusat reaksi. Pada pusat reaksi, elektron tereksitasi dari klorofil pusat reaksi dan ditangkap oleh molekul khusus yang disebut akseptor elektron primer (*primary electron acceptor*), hal ini terlihat seperti pada Gambar 2.3,



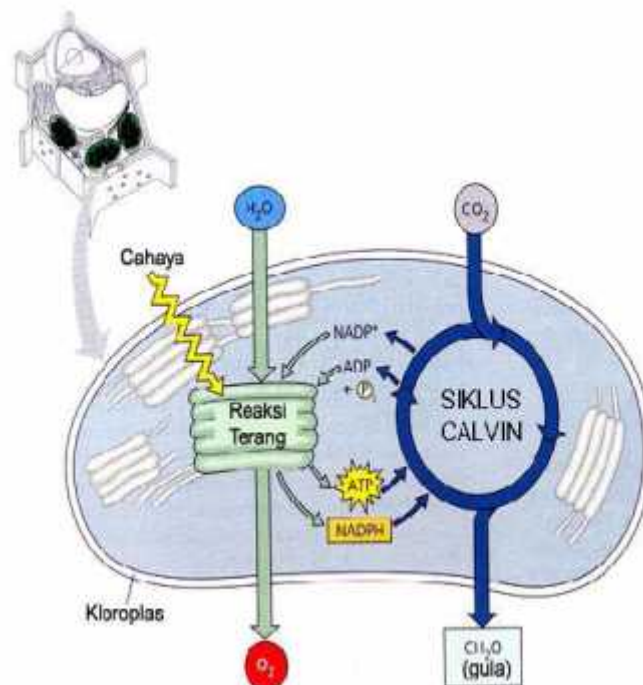
Gambar 2.3 Proses Fotosistem Menangkap Cahaya (Campbell dan Reece, 2002),



Gambar 2.4 Diagram Siklus *Calvin* (Campbell dan Reece, 2002).

Gambar 2.4 memperlihatkan diagram alur jalannya atom karbon pada sistem transportasi tanaman yang mengikuti siklus *Calvin*. Ketiga fase dari siklus *Calvin* dijelaskan fase-fasenya pada Gambar 2.4 tersebut. Setiap tiga molekul CO_2 yang memasuki siklus *Calvin*, hasil bersihnya adalah satu molekul *gliseraldehid-3-fosfat* (G3P), yaitu suatu gula berkarbon-3. Untuk setiap G3P yang disintesis, siklus *Calvin* menghabiskan sembilan molekul ATP dan enam molekul NADPH. Reaksi terang melanjutkan siklus *Calvin* dengan menghasilkan kembali ATP dan NADPH.

Gambar 2.5 menunjukkan bentuk kloroplas yang terdiri dari membran tilakoid. Membran tersebut merupakan tempat berlangsungnya reaksi terang, sedangkan siklus *Calvin* berlangsung di dalam stroma. Reaksi terang menggunakan energi matahari untuk membentuk ATP dan NADPH, masing-masing berfungsi sebagai energi kimia dan tenaga pereduksi di dalam siklus *Calvin*. Siklus *Calvin* menggabungkan CO_2 menjadi molekul organik yang dikonversikan menjadi gula,



Gambar 2.5 Alur Fotosintesis Kerjasama Antara Reaksi Terang dengan Siklus *Calvin* (Campbell dan Reece, 2002).

2.4 Mekanisme Fotosintesis

Fotosintesis memiliki dua tahap berbeda yaitu tahap yang peka cahaya tapi tidak bergantung pada suhu (reaksi terang) dan tahap yang tidak peka cahaya tapi bergantung pada suhu (reaksi gelap). Reaksi terang terjadi pada tumbuhan yang dipelihara terus pada penyinaran sinambung dengan prasyarat lain seperti konsentrasi karbondioksida dan suhu memadai untuk memperoleh kecepatan fotosintesis yang tinggi, ternyata diketahui bahwa jumlah fotosintesis sebanding dengan jumlah cahaya yang mengenai tumbuhan yaitu sebanding dengan hasil kali intensitas cahaya dan lama penyinaran. Sebaliknya reaksi gelap terjadi pada tumbuhan yang dipelihara di bawah cahaya dan kegelapan mengakibatkan jumlah total cahaya yang mengenai tumbuhan adalah setengahnya sehingga jumlah fotosintesis setengah jumlah yang terjadi jika fotosintesis berlangsung pada penyinaran konstan dengan konsentrasi karbondioksida dan suhu yang sama. Hal ini disebabkan adanya reaksi gelap yang tidak membutuhkan cahaya dalam reaksinya.

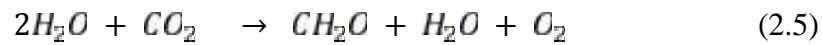
Reaksi terang merupakan tahap fotokimia yang menghasilkan ATP dan NADP tereduksi. Reaksi terang terjadi di awal dan diteruskan dengan reaksi gelap. Reaksi *Hill* dijelaskan bahwa cahaya digunakan oleh tumbuhan untuk memecah air, pemecahan ini disebut fotolisis. Fotolisis mengakibatkan molekul air pecah menjadi hidrogen dan oksigen. Reaksinya dapat ditulis pada Persamaan 2.3 (Dwidjoseputro, 1989),



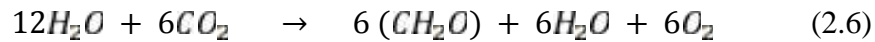
H₂ yang terlepas akan ditampung oleh koenzim NADP. Dalam hal ini NADP dikatakan menjadi akseptor (penerima) H₂ dan bentuknya menjadi NADPH₂ sedangkan O₂ tetap dalam keadaan bebas. Fotolisis inilah yang menjadi awal proses fotosintesis. Langkah selanjutnya setelah terjadi fotolisis yaitu penyusutan CO₂ oleh H₂ yang dibawakan oleh NADP tersebut. Peristiwa penyusutan CO₂ tidak memerlukan sinar, dengan kata lain peristiwa tersebut berlangsung dalam gelap. Reduksi dari CO₂ ke CH₂O berlangsung tanpa adanya cahaya, jika reaksi terang (reaksi *Hill*) digabungkan dengan reaksi gelap (reaksi *Blackman*) maka akan didapatkan suatu reaksi Persamaan 2.4 atau 2.5 (Dwidjoseputro, 1989),



atau



Jika reaksi ini dikalikan 6 maka diperoleh Persamaan 2.6 (Dwidjoseputro, 1989),



2.5 Faktor yang Mempengaruhi Laju Fotosintesis

Faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis, antara lain (Loveless, 1991):

1) Konsentrasi Karbondioksida (CO₂)

Konsentrasi karbondioksida yang rendah dapat mempengaruhi laju fotosintesis hingga kecepatannya sebanding dengan konsentrasi karbondioksida, namun bila konsentrasi karbondioksida naik maka dapat dicapai laju fotosintesis maksimum kira-kira pada konsentrasi 1% dan di atas persentase ini maka laju fotosintesis akan konstan pada suatu kisaran lebar dari konsentrasi karbondioksida. Kadar CO₂ tidak boleh melebihi 1000-1200 μmol⁻¹ karena konsentrasi tersebut sering menyebabkan keracunan atau menutupnya stomata, bahkan dapat menurunkan laju fotosintesis.

2) Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya yang rendah, mempengaruhi perputaran gas pada fotosintesis menjadi lebih kecil daripada respirasi, pada keadaan tersebut titik kompensasi yaitu konsentrasi karbondioksida yang diambil untuk fotosintesis dan dikeluarkan untuk respirasi seimbang, maka peningkatan intensitas cahaya menyebabkan kenaikan sebanding dengan laju fotosintesis. Intensitas cahaya sedang, laju fotosintesis menurun sedangkan pada intensitas cahaya tinggi laju fotosintesis menjadi konstan.

3) Suhu

Laju fotosintesis pada tumbuhan tropis meningkat dari suhu minimum 5°C sampai suhu 35°C, di atas kisaran suhu ini laju fotosintesis menurun. Suhu di

atas 35°C menyebabkan kerusakan sementara atau permanen pada protoplasma, mengakibatkan menurunnya kecepatan fotosintesis, semakin tinggi suhu semakin cepat penurunan laju fotosintesis. Suhu udara optimum untuk pertumbuhan tanaman yaitu 31-37°C (Gunarno, 2014).

2.6 Audio Organic Growth System (AOGS)

Audio Organic Growth System (AOGS) pada umumnya merupakan suatu sistem yang digunakan untuk melakukan pemupukan pada daun dengan bantuan gelombang akustik, kemudian serentak dilakukannya pengkabutan. Prinsip kerja sistem AOGS menyerupai dengan sistem pada *sonic bloom*, keduanya menggunakan suara akustik yang digunakan dalam membantu pemupukan tanaman.

Teknologi penggunaan gelombang akustik pada tanaman ditemukan oleh Dan Carlson dari Amerika Serikat dengan gagasan bahwa frekuensi suara mampu membantu tumbuhan untuk bernafas lebih baik dan menyerap zat makanan lebih banyak. Carlson melakukan studi fisiologi tumbuhan di Universitas Minnesota, dengan bantuan seorang ahli *audio engineer*. Carlson mulai bereksperimen dengan berbagai macam frekuensi suara hingga akhirnya menemukan suatu kisaran frekuensi suara yang serupa dengan siulan burung di pagi hari, yang membantu membuka stomata (pori-pori daun) tanaman lebih lebar.

Teknologi *sonic bloom* merupakan teknologi terobosan yang ditujukan untuk membuat tanaman tumbuh lebih baik (Mulyadi, 2005). Teknologi ini merupakan teknik menyuburkan pertumbuhan tanaman menggunakan gelombang suara frekuensi antara 3.500-5.000 Hz. Gelombang suara pada frekuensi 3.500-5.000 Hz mampu merangsang pembukaan mulut daun (stomata), sehingga meningkatkan laju dan efisiensi penyerapan nutrisi yang diaplikasikan melalui daun yang bermanfaat bagi tanaman (Yulianto, 2006). Cara pemupukan melalui daun biasanya digunakan untuk mengatasi masalah pemupukan melalui akar (Prihmantoro, 1999). Pemupukan melalui daun diharapkan pupuk dapat langsung diserap dan digunakan tanaman. Pemupukan melalui daun dilakukan dengan cara melarutkan pupuk ke dalam air kemudian larutan disemprotkan ke permukaan

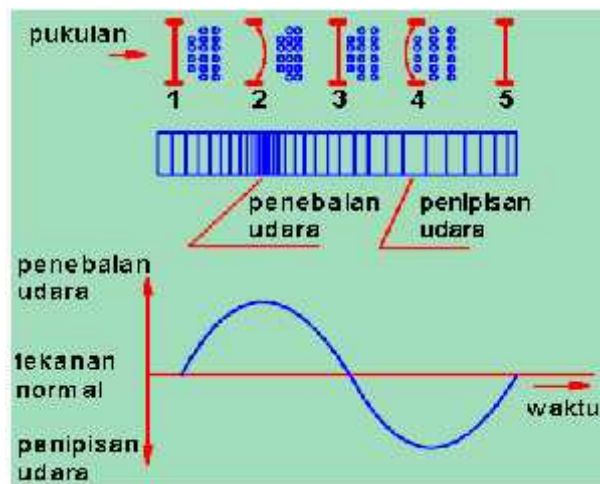
daun. Nutrisi pupuk mengandung asam amino, *trace mineral* seperti Ca, K, Mg dan Mn, serta mengandung asam giberelat.

Gelombang suara yang digunakan untuk stimulus tanaman akan merambat dan membawa energi pada suatu luas permukaan setiap satuan waktu. Jika energi gelombang suara melalui jaringan, maka jaringan akan melepaskan energi kalor sehingga terjadi peningkatan suhu jaringan dan kemudian menimbulkan efek kavitasi yaitu pembentukan, pertumbuhan dan pecahnya gelembung di dalam sebuah cairan (Bendicho dan Lavilla, 2000).

2.7 Akustik

Bunyi memiliki dua definisi: (1) secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium akustik seperti udara, (2) secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis. Bunyi dapat dinyatakan sebagai sensasi pendengaran yang lewat telinga dan timbul karena penyimpangan tekanan udara. Penyimpangan ini biasanya disebabkan oleh beberapa nada yang bergetar, misalnya garpu tala yang dipukul. Gelombang bunyi merupakan fibrasi atau getaran molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain. Namun, zat tersebut dapat mentransmisikan energi tetapi tidak dapat memindahkan partikel (Tipler, 1991).

Akustik adalah ilmu suara, yang dimaksud suara adalah getaran mekanik suatu material. Materi dapat seperti udara (bunyi udara), air (bunyi air) atau benda pejal (bunyi benda pejal). Suara melalui media udara disampaikan ke telinga (Hermanto, 2013). Jika suatu benda dipukul maka benda tersebut akan bergerak merenggang, kemudian akan merenggangkan partikel udara sehingga akan terciptalah tekanan udara yang merambat, selanjutnya akan menggetarkan gendang telinga, maka gendang telinga akan menghasilkan getaran-getaran sesuai dengan frekuensi getaran yang ditimbulkan benda tersebut, dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.6 dan Gambar 2.7,



Gambar 2.6 Proses Terbentuknya Suara (Hermanto, 2013),



Gambar 2.7 Frekuensi Tinggi dan Rendah (Hermanto, 2013).

Getaran ditandai dengan dua besaran, yaitu frekuensi dan amplitudo. Hal ini juga berlaku untuk gelombang suara. Maka dalam gelombang suara juga dinamakan frekuensi dan amplitudo menentukan besarnya tekanan suara. Frekuensi bunyi menyatakan berapa banyak penebalan dan penipisan partikel udara dalam satu detik berurutan satu sama lain. Banyak ayunan tekanan tiap satuan waktu disebut frekuensi dan akan diamati sebagai nada. Frekuensi akan menentukan tinggi nada yang didengar telinga. Gelombang bunyi merambat dalam suatu medium melalui penebalan dan penipisan yang periodis seperti terlihat pada Gambar 2.7. Penebalan suatu materi berarti sama dengan penaikan

tekanan, penipisan berarti sama dengan pengurangan tekanan dibanding dengan tekanan normal dalam keadaan diam.

2.8 Pengaruh Gelombang Akustik Terhadap Tanaman

Frekuensi akustik dapat memperpanjang periode pembukaan stomata yang dapat mengakibatkan proses transpirasi terus berlangsung, sehingga memperpanjang pula masa penyerapan unsur hara dan air dari tanah sebagai penyeimbang transpirasi (Sumardi dkk, 2002). Pembukaan stomata karena pengaruh frekuensi akustik mampu meningkatkan tekanan osmotik pada protoplasma sel penjaga, dimana sel penjaga merupakan salah satu bagian yang terdapat dalam stomata sehingga sel penjaga akan menggembung karena banyak menyerap air.

Stomata juga dikelilingi oleh sel yang disebut sel tetangga yang berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel menutup (sel penjaga) yang mengatur lebar celah. Meningkatnya kerapatan stomata berakibat pada menurunnya tahanan stomata, dan berarti meningkatnya laju difusi (Schluter dkk, 2003). Fosfor berfungsi sebagai sumber penyimpan dan transfer energi dalam bentuk ATP, energi yang diperoleh dari fotosintesis dan metabolisme karbohidrat disimpan dalam bentuk fosfat untuk digunakan dalam proses pertumbuhan (Havlin dkk, 1999). Sementara keterlibatan unsur kalium dikelompokkan dalam dua aspek, yaitu (Fageria dkk, 2001): (1) aspek biofisik dimana kalium berperan dalam pengendalian tekanan osmotik, turgor sel, stabilitas pH, dan pengaturan air melalui kontrol stomata, dan (2) aspek biokimia, kalium berperan dalam aktivitas enzim pada sintesis karbohidrat dan protein, serta meningkatkan translokasi fotosintesis dari daun ke seluruh organ tanaman.

Sel penjaga ketika mengambil air dari proses osmosis, sel penjaga akan mengembang dan semakin dalam keadaan turgid. Hal tersebut meningkatkan ukuran celah antar sel. Ketika sel kehilangan air maka sel akan mengkerut dan mengecil secara bersamaan kemudian menutup celahnya (Campbell dan Reece, 2002). Peningkatan tekanan turgor pada sel penjaga disebabkan karena masuknya air ke dalam sel penjaga. Pergerakan air dari satu sel ke sel lainnya terjadi dari sel yang mempunyai potensi air lebih tinggi ke sel dengan potensi air yang lebih

rendah. Saat sel penjaga dalam keadaan turgid, dinding sel menjadi mengembung, maka lubang akan membuka. Aktivitas membuka dan menutupnya stomata tergantung pada perubahan turgiditas dari sel penjaganya.

Pembukaan stomata berkaitan dengan proses metabolisme tumbuhan yaitu transpirasi dan fotosintesis. Stomata berperan dalam difusi CO₂ pada proses fotosintesis. Selain itu stomata juga berfungsi sebagai pintu keluarnya cairan dari sel dalam proses transpirasi (Salisbury dan Ross, 1995) (Taiz dan Zeiger, 2002) (Hopkins, 2004).

Perubahan tekanan turgor menyebabkan pembukaan dan penutupan stomata terutama dikarenakan pengambilan dan kehilangan ion kalium (K⁺) pada sel penjaga. Cahaya matahari sangat berperan dalam merangsang masuknya ion kalium ke sel penjaga. Jika tumbuhan ditempatkan dalam gelap, maka ion kalium akan keluar dari sel penjaga. Kemudian saat ion kalium masuk ke dalam sel penjaga, sejumlah ion hidrogen akan keluar, dimana ion hidrogen tersebut berasal dari asam organik yang disintesis ke dalam sel penjaga sebagai suatu kemungkinan faktor penyebab terbukanya stomata. Stomata membuka pada siang hari dan menutup pada malam hari. Proses pembukaan stomata memerlukan waktu 1 jam dan penutupan stomata berlangsung secara bertahap sepanjang sore.

Pembukaan stomata sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, antara lain intensitas cahaya, temperatur dan air. Faktor-faktor lingkungan tersebut mengalami perubahan harian (diurnal) seiring dengan bergantinya waktu pagi, siang dan sore hari. Pada pagi hari stomata akan mulai membuka lebar karena intensitas cahaya dan temperatur yang tidak terlalu tinggi serta kelembaban yang cukup menyebabkan turgor sel penjaga meningkat. Namun pada saat siang hari, stomata menutup karena tingginya intensitas cahaya dan temperatur serta penguapan air yang berlebihan (Taiz dan Zeiger, 2002) (Hopkins, 2004).

Gelombang suara dapat menggetarkan daun tanaman dan mempercepat gerakan protoplasma dalam sel (Godbole, 2013). Gelombang akustik dengan SPL 70-75 dB mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan jarak maksimum 30 meter dari sumber akustik (Hou dkk, 2010a), SPL 100 dB mampu mempengaruhi sampai 50 meter (Meng, 2012). Gelombang suara yang digunakan pada tanaman ternyata mampu meningkatkan sistem fotosintesis (Meng dkk.

2012b). Frekuensi akustik yang digunakan terhadap tanaman mampu meningkatkan secara signifikan hormon endogen, seperti, IAA, GA dan ZR (Huang dan Jiang, 2011) (Zhu dkk. 2011) (Meng dkk, 2012b), meningkatkan transpor elektron dan efisiensi fotokimia PS II (Fan dkk, 2010) (Zhou dkk, 2010) (Meng dkk, 2012a). Teknologi akustik dapat mengurangi penggunaan jumlah pupuk pada tanaman sekitar 25,0% (Hou dkk, 2010b) (Yu dkk, 2013). Rangsangan suara akustik terhadap tanaman mampu meningkatkan resistensi penyakit dan menurunkan penggunaan pupuk kimia (Zhang, 2012).

Energi suara maupun energi cahaya Bisa dikonversi dan disimpan sebagai energi kimiawi, yang meningkatkan sistem fotosintesis (Meng dkk, 2012b). Interaksi antara faktor lingkungan dan gelombang suara dapat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, dan setiap tanaman memiliki respon yang berbeda terhadap frekuensi suara (Hassanien dkk, 2013). Gelombang akustik yang optimal untuk stimulus tanaman tomat, selada, dan bayam yaitu menggunakan frekuensi 0,08 sampai 2 kHz dengan SPL 100 dB, waktu optimal penggunaan gelombang akustik pada pukul 07:00 sampai 10:00 pagi (Meng dkk, 2012a). Waktu yang optimal penggunaan gelombang akustik pada tanaman mentimun, lada, strawberry, dan kapuk adalah pada pukul 07:00 sampai 10:00 pagi (Hou dan Mooneyham, 1999), (Hou dkk, 2009), (Fan dkk, 2010), (Zhou dkk, 2010), (Qi dkk, 2010), (Hou dkk, 2010a), (Meng dkk, 2012b). Penggunaan stimulus gelombang akustik pada tanaman gandum yang paling optimal pada pukul 07:00 sampai 10:00 pagi, hasilnya mampu mempercepat perkecambahan, tinggi batang, aktivitas sistem akar, penetrasi membran sel dan analisis ekspresi mRNA pada tanaman gandum (Wang dkk, 2003). Penggunaan stimulus gelombang akustik pada tanaman jamur merang, kacang tunggak, dan terong yang paling optimal pada pukul 08:30 sampai 11:30 pagi dan pukul 2:00 sampai 05:00 sore, mampu mempercepat pertumbuhan, memperbesar hasil dan nutrisi (Jiang dkk, 2011) (Zhu dkk, 2011) (Huang dan Jiang, 2011).

2.9 Pertanian Perkotaan

Pertanian perkotaan adalah proses utama pengentasan kemiskinan selama periode pemulihan ekonomi. Hal ini juga meningkatkan kualitas lingkungan

perkotaan melalui penghijauan dan pengurangan polusi dimulai di lingkungan berpenghasilan rendah. Sektor ini juga memperkuat basis ekonomi suatu kota dengan menambahkan “substitusi impor” industri yang meliputi produksi, pengolahan, pengemasan dan pemasaran dan akhirnya, pertanian perkotaan membuat kontribusi besar untuk menyeimbangkan ekologi global (Smit,1992) (Losada, 1998).

Pertanian perkotaan (*urban farming*) merupakan suatu bentuk transformasi kegiatan pertanian, dikarenakan semakin berkurangnya lahan pertanian yang dianggap kurang menguntungkan (Uchiani dan Ani, 2012). Kegiatan pertanian untuk pemenuhan kebutuhan pangan dikarenakan ketersediaan pangan akan menjadi faktor pembatas suatu kehidupan serta kestabilan suatu wilayah, terutama disebabkan semakin meningkatnya kegiatan pembangunan serta bertambahnya jumlah penduduk (Dahuri, 1998).

Pertanian perkotaan dapat menjadi salah satu bentuk solusi bagi pemenuhan kebutuhan pangan di kawasan perkotaan. Kehidupan perkotaan seringkali dianggap sebagai penyebab menurunnya kualitas lingkungan, namun sebenarnya kawasan perkotaan sendiri dapat menjadi solusi bagi beragam permasalahan lingkungan yang ada (Leitmann, 1999). Hal ini dimungkinkan karena dibandingkan dengan kawasan perdesaan, kawasan perkotaan memiliki lebih banyak modal keuangan, manusia, dan sosial yang dapat menciptakan banyak perbaikan atau bahkan dapat mendorong pemerintah maupun pihak swasta untuk melakukan perbaikan dan aksi preventif lainnya, termasuk dalam pemenuhan kebutuhan pangan. Jika kesepakatan dan komitmen telah diterwujud bukan tidak mungkin akan menghasilkan kawasan perkotaan berkelanjutan, yaitu kawasan perkotaan yang memungkinkan semua warganya memenuhi kebutuhannya dan meningkatkan kesejahteraannya, tanpa menurunkan kondisi lingkungan alam atau kehidupan orang lain, baik di masa kini dan di masa depan.

Manfaat pertanian perkotaan meliputi (Kaufman dan Bailkey, 2000):

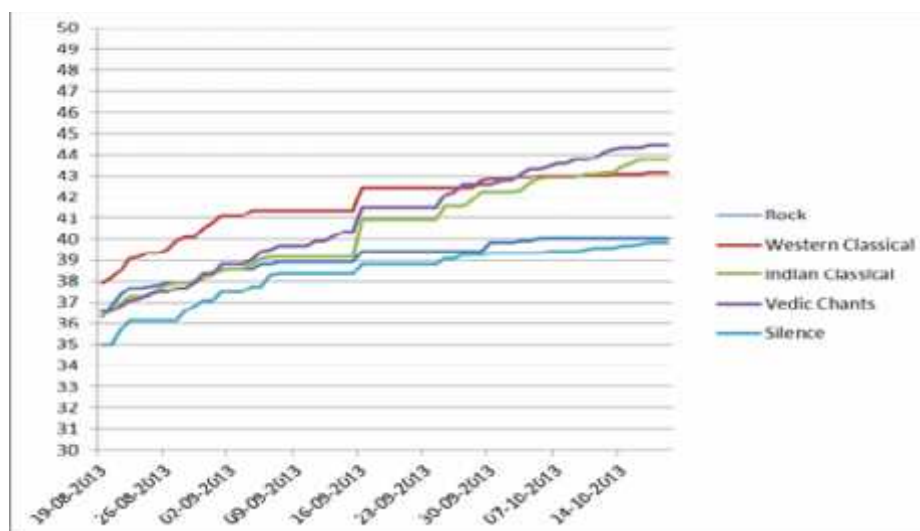
1. Mengurangi lahan kota yang tidak produktif di bawah manajemen dengan pemerintah daerah.
2. Meningkatkan citra publik dari lingkungan bermasalah.
3. Meningkatkan jumlah kawasan ruang hijau.

4. Memasok penduduk berpenghasilan rendah dengan sehat dan lebih bergizi.
5. Mengembangkan swasembada antara penduduk dalam kota yang menanam makanan untuk diri mereka sendiri dan orang lain.
6. Revitalisasi lingkungan termiskin dengan menciptakan lapangan kerja berbasis pangan (terutama bagi kaum muda), sehingga membawa lebih banyak pendapatan untuk penduduk.
7. Menyediakan kegiatan program non-tradisional yang baru untuk nirlaba berbasis organisasi masyarakat.
8. Mengkonversi limbah makanan dari supermarket menjadi kompos dan pupuk yang digunakan dalam produksi pangan.
9. Mengurangi transportasi makanan melalui ketersediaan yang lebih besar dari produk lokal.
10. Mendukung sistem pangan lokal dan regional secara umum.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Hou dkk, (2010b) dengan judul *“Research and Application Progress of Plant Acoustic Frequency Technology,”* menggunakan bahan uji tanaman padi. Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa frekuensi yang tepat untuk tanaman padi dilihat dari segi pertumbuhan, hasil, dan kualitas padi, adalah frekuensi 0,08-2 kHz dengan *Sound pressure level* 80 dB, dilakukan pemaparan selama 180 menit setiap hari pada pukul 07:00 sampai 10:00.

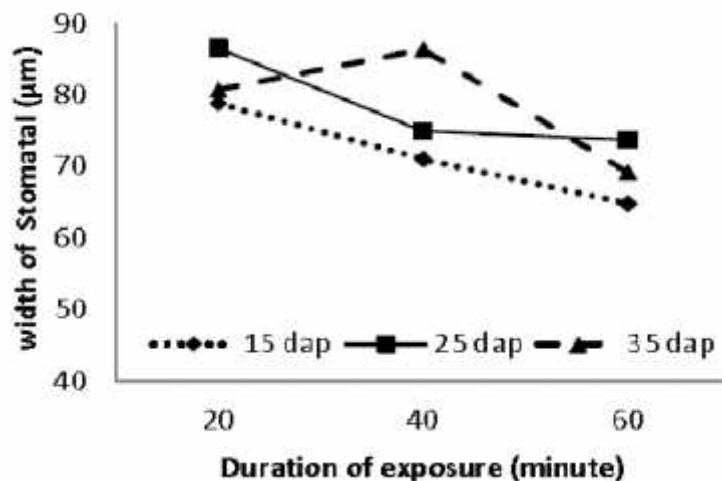
Penelitian yang dilakukan oleh Hou dan Mooneyham (1999), dengan judul *“The Effect of Agri-wave Technology on Yield and Quality of Tomato Applied Studies of Plant Meridian System.”* Penelitian menggunakan tanaman uji: tomat, selada, bayam. Hasilnya, frekuensi terbaik yang digunakan untuk pemaparan tanaman tersebut adalah 0,08-2 kHz dengan *sound pressure level* 100 dB, diberikan pemaparan setiap hari selama 180 menit mulai pukul 07:00 sampai 10:00 pagi.



Gambar 2.8 Grafik Kenaikan Rata-rata Panjang Tunas Setiap Kelompok Tanaman (Chivukula dan Ramaswamy, 2014),

Penelitian yang dilakukan oleh Chivukula dan Ramaswamy (2014) yang berjudul “*Effect of Different Types of Music on Rosa Chinensis Plants,*” penelitian dilakukan dengan cara memberikan pemaparan pada 30 tanaman *Rosa Chinensis* (ros atau mawar) yang dibagi menjadi 5 kelompok dalam pot terpisah, masing-masing kelompok pot diberikan pemaparan menggunakan variasi jenis music, diantaranya: musik Rock, musik Western Classical, musik Indian Classical, musik Vedic Chants dan satu kelompok disimpan dikeheningan sebagai kelompok kontrol. Penelitian dilakukan perlakuan selama 60 hari. Hasil penelitian ini didapatkan dengan kesimpulan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2.8.

Grafik pada Gambar 2.8 terlihat bahwa kelompok bunga ros yang diberikan pemaparan musik *Vedic Chants* mengalami peningkatan secara signifikan selama 60 hari. Tanaman ros yang disimpan dalam keheningan terlihat peningkat yang kurang bagus, bahkan mengalami peningkatan yang paling sedikit diantara lima perlakuan tersebut. Hal ini dapat dikatakan bahwasanya suara musik sangat berpengaruh dalam peningkatan tanaman ros.



Gambar 2.9 Grafik Hubungan Antara Durasi Pemaparan dengan Pembukaan Stomata (Pujiwati dan Djuhari, 2014),

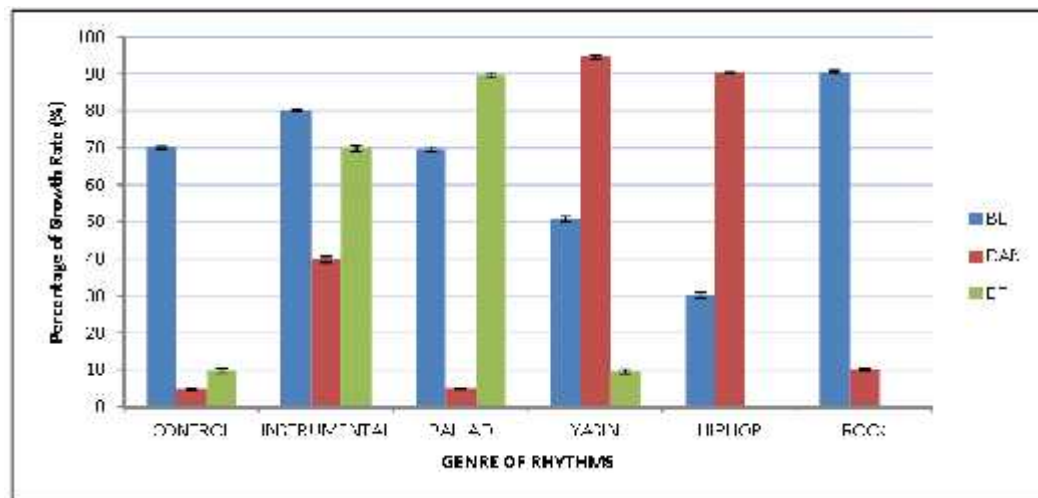
Penelitian yang dilakukan oleh Pujiwati dan Djuhari (2014) yang berjudul “*The Pattern of Stomatal Opening through the Exposure of High-Frequency Sound Wave with the Different Duration and Age of Soybeans (Glycine Max (L.) Merrill)*,” meneliti pembukaan stomata yang diberi paparan dengan frekuensi 5000 Hz pada kedelai menggunakan durasi usia pemaparan yang berbeda. Metode yang dilakukan adalah dengan menggunakan variasi lamanya pemaparan, yaitu dengan variasi waktu 20, 40, 60 menit, kemudian diambil data pembukaan stomata pada usia 15, 25, 35 setelah tanam (*dap*), dengan hasil seperti pada grafik Gambar 2.9.

Penelitian yang dilakukan oleh Hassanien dkk, (2013) dengan judul “*Advances in Effects of Sound Waves on Plants*,” menggunakan metode dengan memberikan paparan frekuensi pada berbagai tanaman dengan menggunakan *sound pressure levels* (SPLs). Hasilnya, pemberian gelombang suara pada 1 kHz dengan SPLs 100 dB yang dilakukan selama 1 jam dalam jarak 0,20 m, secara signifikan dapat meningkatkan pembelahan sel, dan juga dapat meningkatkan aktivitas enzim pelindung dan hormon endogen. Gelombang suara dapat memberikan peningkatan rangsangan pada tanaman dalam membran plasma H^+ dan aktivitas ATP, larutan gula, protein dan aktifitas amilase pada kulit. Selain itu juga gelombang suara dapat meningkatkan RNA dan tingkat *transcription* (proses

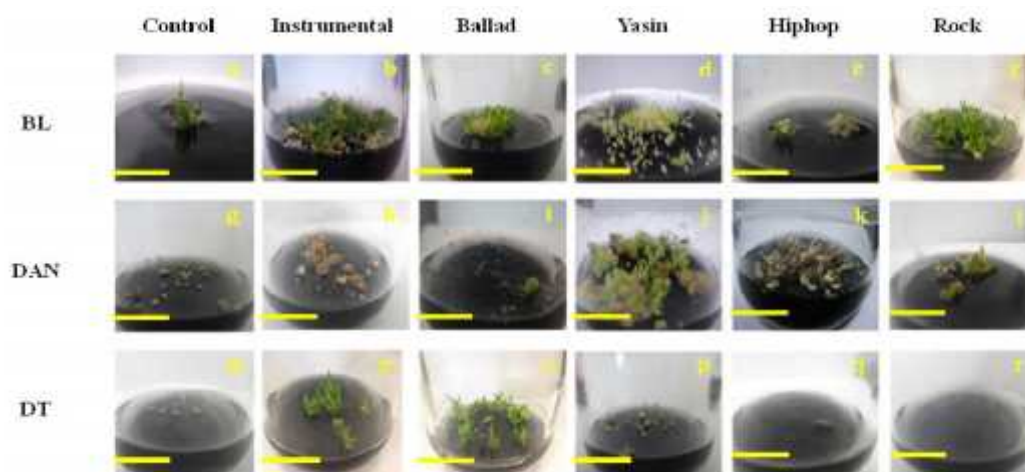
penyalinan kode-kode genetika yang ada pada urutan DNA menjadi molekul RNA).

Gelombang akustik dengan frekuensi 0,1 kHz sampai 1 kHz dan intensitas suara 70 ± 5 dB selama 3 jam pada tanaman menggunakan *Plant Acoustic Frequency Technology* (PAFT) *generator*, memberikan hasil buah tanaman yang signifikan, dengan peningkatan hasil: paprika 30,05%, mentimun 37,1%, tomat 13,2%, selada 19,6%, bayam 22,7%, kapas 11,4%, padi 5,7% dan gandum 17,0%. Gelombang suara juga dapat memperkuat sistem kekebalan tubuh tanaman, hal ini telah dibuktikan bahwa terjadi penurunan gangguan yang dianggap dapat merusak tanaman, diantaranya: tungau laba-laba 6%, kutu daun 8%, jamur abu-abu 9%, penyakit busuk daun 11% dan virus 8% pada tanaman tomat dan penyakit busuk pada lapisan daun padi berkurang sebanyak 50% (Hassanien dkk, 2013).

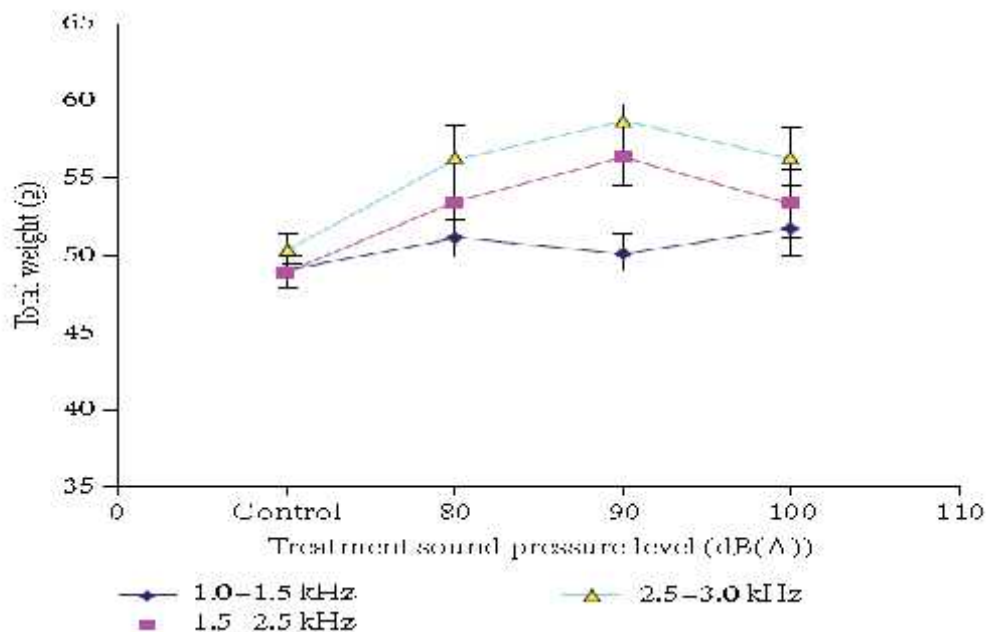
Penelitian yang dilakukan oleh Anilizawatima dan Lidawani (2013), dengan judul “*Effect of Various Rhythms on In Vitro Seed Germination of Several Orchid Species*,” menggunakan metode dengan memberikan paparan menggunakan beberapa jenis suara pada tiga jenis benih tanaman *Orchid*, yaitu: *Bulbophyllum Longisepalum*, *Dendrobium Anosmum*, dan *Tanii Dendrobium*. Suara yang digunakan adalah Instrumental, Ballad, Yasin, *Hiphop*, dan *Rock*. Masing-masing benih diberikan dengan paparan suara tersebut selama 8 jam setiap harinya. Hasilnya terlihat pada Gambar 2.10 dan 2.11, bahwa suara sangat mempengaruhi tumbuhnya benih *Orchid*. Gambar 2.10 terlihat bahwa musik instrumenal mempengaruhi ketiga jenis benih *Orchid*, jika dibandingkan dengan bibit tanpa perlakuan musik (*control*), maka terlihat perbedaan prosentase yang sangat mencolok dalam pertumbuhannya,



Gambar 2.10 Prosentase Pertumbuhan Benih *Orchid* (BL = *Bulbophyllum Longisepalum*, DAN = *Dendrobium Anosmun*, DT = *Tanii Dendrobium*) (Anilizawatima dan Lidawani, 2013),



Gambar 2.11 Hasil Benih *Orchid* Setelah Diberikan Perlakuan Paparan dengan Berbagai musik (BL = *Bulbophyllum longisepalum*, DAN = *Dendrobium anosmun*, DT = *Tanii Dendrobium*) (Anilizawatima dan Lidawani, 2013).

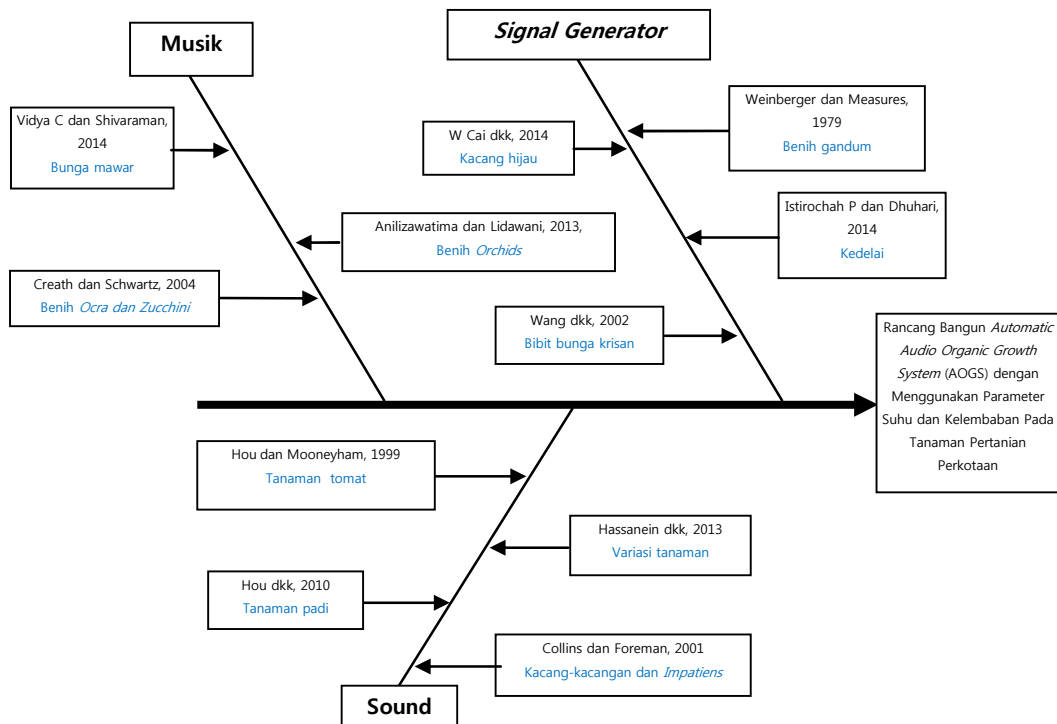


Gambar 2.12 Hasil Berat Tanaman Kacang Hijau (Cai dkk, 2014),

Penelitian yang dilakukan oleh Cai dkk, (2014), dengan judul “*Biological Effect of Audible Sound Control on Mung Bean (Vigna Radiate) Sprout,*” penelitian dilakukan dengan memberikan variasi paparan frekuensi dan SPL pada benih kacang hijau. Didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan yang signifikan dalam pertumbuhan perkecambahan kacang hijau dengan perlakuan suara intensitas sekitar 90 dB dan frekuensi sekitar 2000 Hz. Hasil penelitian terlihat pada Gambar 2.12.

2.11 Diagram *Fishbone*

Penelitian terdahulu tentang efek paparan gelombang akustik terhadap pertumbuhan tanaman yang telah dilakukan, kemudian dikelompokkan menurut percobaannya, adapun pengelompokannya terlihat pada diagram *fishbone* pada Gambar 2.13,



Gambar 2.13 Diagram *Fishbone* Penelitian Penggunaan Gelombang Akustik pada Tanaman.

2.12 Fuzzy Logic

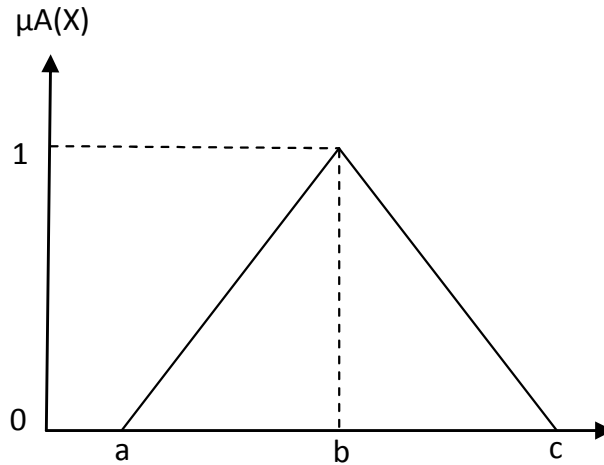
Fuzzy logic terdiri dari tiga tahapan yang harus dilakukan, yaitu *fuzzyfikasi*, *inferensi fuzzy* dan *defuzzyfikasi*.

2.12.1 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non-*fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik).

a. Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga

Gambar 2.14 adalah grafik keanggotaan kurva segitiga, grafik tersebut terdiri dari grafik keanggotaan linier naik dan turun. Grafik keanggotaan linier naik yaitu kenaikan himpunan *fuzzy* dimulai dari domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi,



Gambar 2.14 Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga.

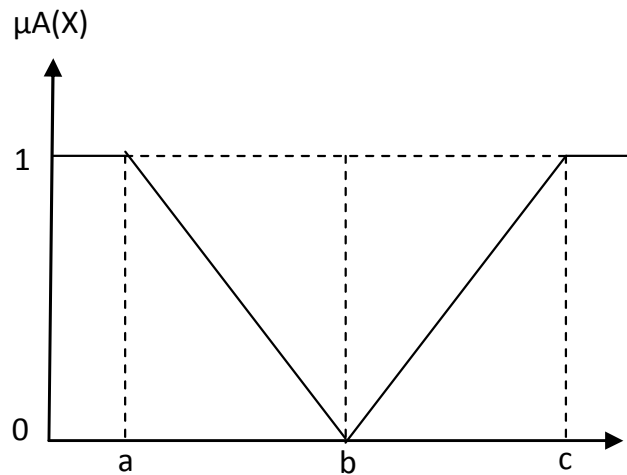
Grafik keanggotaan kurva linier turun yaitu himpunan *fuzzy* yang dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi di sebelah kiri, kemudian bergerak menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Fungsi keanggotaan ditunjukkan pada Persamaan 2.7,

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a \quad \text{atau} \quad x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{c-b} & ; \quad b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.7)$$

b. Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu

Gambar 2.15 merupakan grafik keanggotaan kurva bentuk bahu. Grafik tersebut digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy* yang nilai derajat keanggotaannya adalah konstan (biasanya 1). Fungsi keanggotaan dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.8,

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \leq x \leq a \quad \text{atau} \quad c \leq x \leq d \\ \frac{b-x}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b} & ; \quad b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.8)$$



Gambar 2.15 Grafik Keanggotaan Kurva Bentuk Bahu.

2.12.2 Inferensi Fuzzy

Sistem *inferensi fuzzy* adalah komputasi berdasarkan konsep dari himpunan *fuzzy*, aturan jika-maka, dan logika *fuzzy*. Struktur dasar dari sistem inferensi *fuzzy* terdiri dari tiga komponen yaitu:

- Basis aturan (berisi aturan-aturan *fuzzy*)
- Basis data (berisi fungsi keanggotaan)
- Mekanisme penalaran (berisi prosedur informasi)

Berikut adalah format *rule* yang biasa digunakan dalam *fuzzy*:

If Antecedent #1 AND Antecedent #2 AND ...Then Consequent 1 AND Consequent 2 AND ...

2.12.3 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan proses kebalikan dari *fuzzifikasi* yaitu memetakan kembali himpunan *Fuzzy* ke dalam himpunan *crisp* agar keluaran dari sistem *Fuzzy* dapat diproses lebih lanjut. Untuk mendapatkan nilai keluaran dari proses defuzzifikasi dapat menggunakan Persamaan 2.9,

$$\text{Output} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i Z_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (2.9)$$

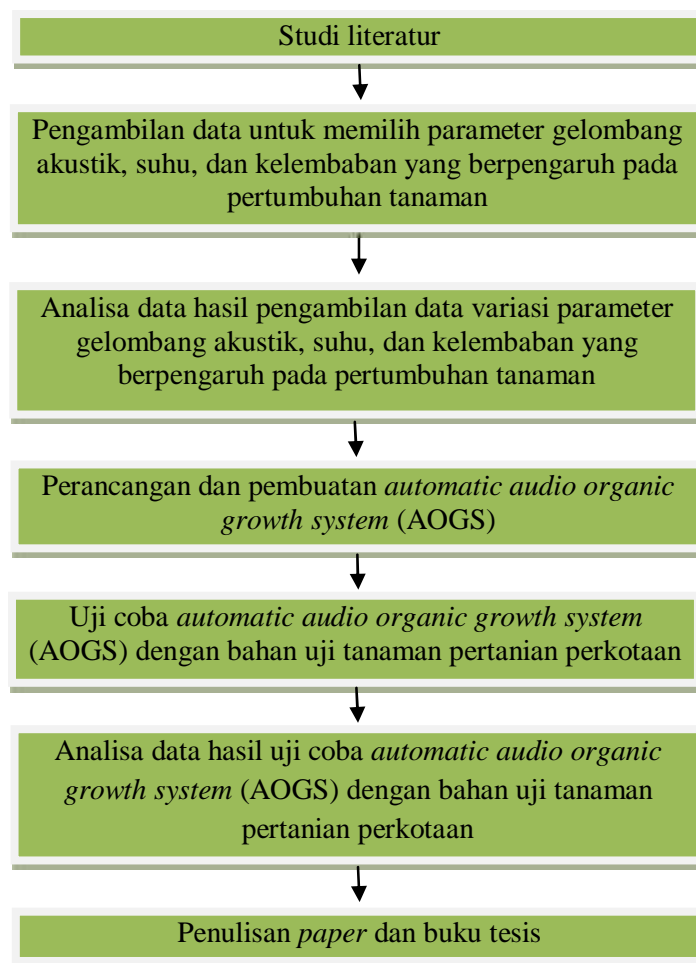
di mana W_i adalah hasil dari proses operasi fuzzy logic antecedent dan Z_i adalah keluaran rule ke- i , keluaran akhir adalah sebuah nilai rata-rata.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

AOGS merupakan suatu alat dengan sistem pemanfaatan gelombang akustik yang digunakan dalam merangsang pembukaan celah stomata pada tanaman, tujuannya untuk mengintensifkan zat-zat yang dibutuhkan oleh tanaman yang melewati celah stomata, dampaknya proses pertumbuhan tanaman akan lebih baik. Pada penelitian ini dilakukan dengan merancang dan membuat AOGS, kemudian dilakukan studi eksperimental dengan melakukan pendekatan penelitian secara kuantitatif dan kualitatif. Tahapan penelitian yang akan dilakukan mempunyai beberapa langkah, diantaranya seperti pada Gambar 3.1,



Gambar 3.1 Blok Diagram Urutan Pelaksanaan Penelitian.

3.1 Studi Literatur

Stomata merupakan suatu celah yang dibatasi oleh sel penjaga yang terdapat pada bagian epidermis tanaman, umumnya terletak pada daun bagian bawah, serta berjumlah sedikit pada daun bagian atas dan batang, namun pada tumbuhan tertentu stomata lebih banyak terdapat pada daun bagian atas. Fungsi stomata adalah untuk lewatnya suatu zat-zat tertentu yang dibutuhkan tanaman sebagai proses metabolisme melangsungkan hidup tumbuhan. Celah stomata akan membuka ketika beberapa faktor terpenuhi, seperti adanya suhu dan kelembaban yang terpenuhi, jadi apabila suhu dan kelembaban terpenuhi maka celah stomata akan terbuka dan jika tidak terpenuhi maka celah stomata akan beradaptasi dengan menutup.

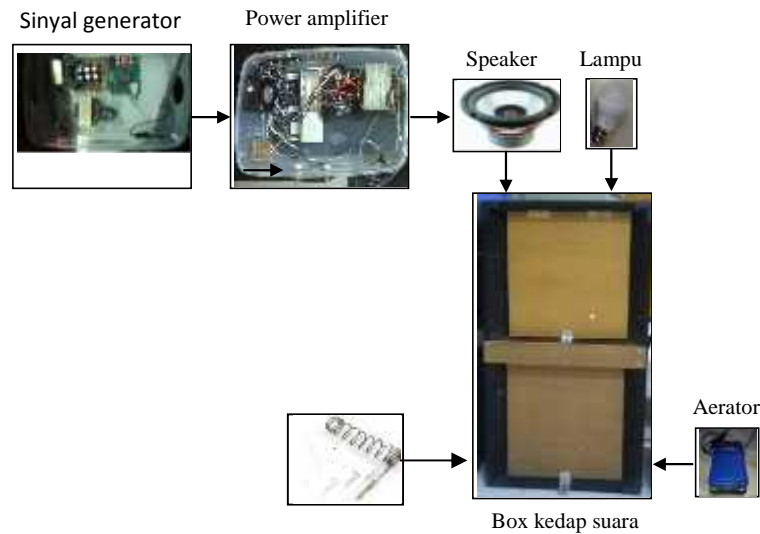
Proses menutupnya celah stomata merupakan suatu upaya sebagai pertahanan diri dalam kehidupan tumbuhan, hal ini bisa terjadi karena dua faktor, yang pertama karena nilai suhu dan kelembaban yang rendah, yang kedua karena nilai suhu dan kelembaban sangat tinggi. Pada keadaan suhu dan kelembaban yang sangat rendah, stomata akan menutup, hal ini salah satunya dikarenakan tidak adanya perbedaan suhu dan kelembaban antara keadaan luar dan keadaan pada diri tanaman, karena suhu dan kelembaban akan mengalir dari potensial tinggi menuju ke rendah, maka celah stomata yang disebut *guard cell* tidak akan membuka. Namun ketika suhu dan kelembaban sangat tinggi, maka celah stomata akan menutup, hal ini merupakan suatu upaya adaptasi pada diri tanaman agar tanaman tidak mengalami penguapan yang berlebih pada celah stomata, hal ini bertujuan agar tanaman tidak mengalami kekeringan, yang dampaknya tanaman akan mati.

AOGS merupakan suatu alat yang dapat mengeluarkan gelombang akustik yang digunakan dalam stimulus pertumbuhan tanaman, tujuannya adalah untuk mempengaruhi pembukaan stomata, dampaknya apabila stomata membuka lebih lebar maka zat-zat yang dibutuhkan tanaman akan lebih intensif terserap melewati celah stomata. Gelombang akustik merupakan gelombang yang dapat didengar oleh pendengaran telinga manusia, yaitu mempunyai frekuensi berkisar antara 20 Hz sampai 20 kHz.

AOGS dapat digunakan ketika suhu dan kelembaban pada sekitar tanaman terpenuhi atau mendukung dalam proses pertumbuhan. Hal ini dikarenakan berhubungan dengan proses membuka dan menutupnya stomata. Stimulus gelombang akustik dapat digunakan ketika stomata dalam keadaan terbuka, karena jika stomata dalam keadaan menutup karena suhu dan kelembaban sekitar area tanaman tidak terpenuhi dan tetap dilakukan stimulus gelombang akustik, maka secara tidak langsung dapat dikatakan dapat memaksa stomata untuk membuka, hal tersebut dapat menyebabkan tanaman mengalami kekeringan, kemudian berdampak kematian bagi tanaman. Maka pada perancangan *automatic* AOGS dibutuhkan sensor suhu dan kelembaban yang berguna untuk mendeteksi nilai suhu dan kelembaban pada area sekitar tanaman. Nilai suhu dan kelembaban akan digunakan sebagai acuan untuk mengontrol intensitas gelombang akustik yang akan digunakan dalam stimulus tanaman. Jadi penggunaan sensor bertujuan agar proses stimulus gelombang akustik pada tanaman dapat tepat sesuai dengan fungsi guna dan tujuannya.

3.2 Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman

Pengambilan data pada uji coba ini bertujuan untuk mengetahui parameter gelombang akustik yang tepat, guna mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara positif. Pengambilan data membutuhkan beberapa desain alat yang mampu menunjang dalam proses pengambilan data, diantaranya: sinyal generator, kotak penelitian, pengatur suhu dan kelembaban buatan, power amplifier, speaker, bahan uji biji sawi pakcoy, dan media tanam. Desain alat pengambilan data awal terlihat pada Gambar 3.2,



Gambar 3.2 Alat Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman.

Parameter-parameter pengambilan data yang digunakan dalam stimulus pertumbuhan tanaman terlihat pada Tabel 3.1. Data yang diambil berupa tinggi dan bobot tanaman, kemudian disimpulkan parameter-parameter gelombang akustik dari segi bentuk gelombang dan nilai frekuensi yang lebih berpengaruh positif dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Kesimpulan akan digunakan dalam pengambilan data selanjutnya, yaitu dengan prosedur yang sama seperti pengambilan data sebelumnya, namun yang membedakan adalah variasi parameter yang digunakan, yaitu dengan memberikan nilai suhu dan kelembaban buatan pada area sekitar tanaman uji. Data selanjutnya akan digunakan sebagai parameter dalam perancangan aturan algoritma AOGS. Adapun parameter variasi suhu dan kelembaban yang telah ditentukan nilainya dapat dilihat pada Tabel 3.2,

Tabel 3.1 Perlakuan Paparan Gelombang Akustik dengan Variasi Bentuk Gelombang, Besar Frekuensi, dan Taraf Intensitas Bunyi

No	Bentuk Gelombang	Frekuensi (Hz)	SPL (dB)
1	Sinus	1000	80
			90
			100

		2000	80
			90
			100
2	Kotak	1000	80
			90
			100
		2000	80
			90
			100
3	Segitiga	1000	80
			90
			100
		2000	80
			90
			100

Tabel 3.2 Parameter Variasi Nilai Suhu dan Kelembaban

No	Parameter	SPL (dB)
1	Suhu 27-28° dan kelembaban 31-50%	80
		90
		100
2	Suhu 29-30° dan kelembaban 31-50%	80
		90
		100
3	Suhu 31-32° dan kelembaban 31-50%	80
		90
		100
4	Suhu 27-28° dan kelembaban 51-70%	80
		90
		100
5	Suhu 29-30° dan kelembaban 51-70%	80
		90
		100
6	Suhu 31-32° dan kelembaban 51-70%	80
		90
		100

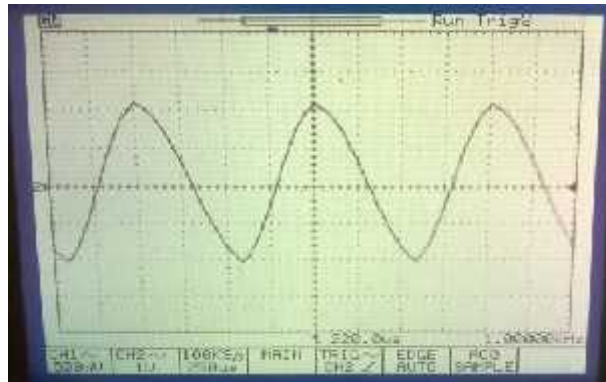
7	Suhu 27-28° dan kelembaban 71-90%	80
		90
		100
8	Suhu 29-30° dan kelembaban 71-90%	80
		90
		100
9	Suhu 31-32° dan kelembaban 71-90%	80
		90
		100

3.2.1 Sinyal Generator

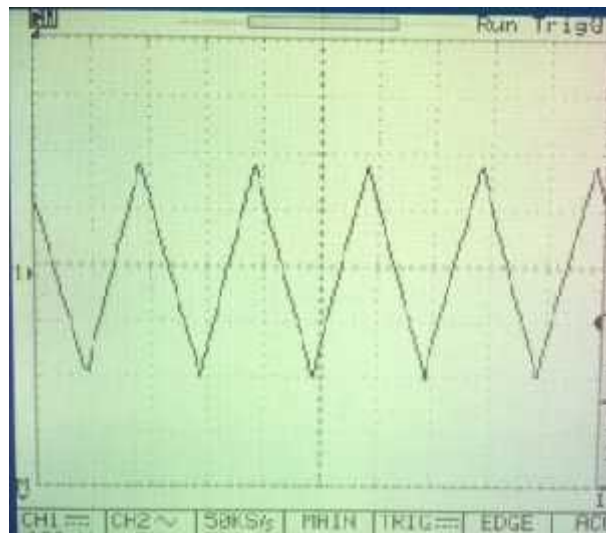
Variasi parameter gelombang akustik dalam pengambilan data berupa sinyal berbentuk sinus, kotak dan segitiga, dengan variasi masing-masing menggunakan frekuensi 1000 dan 2000 Hz dan masing-masing frekuensi dilakukan variasi intensitas suara 80, 90 dan 100 dB. Sinyal generator yang digunakan dalam pengambilan data terlihat seperti pada Gambar 3.3, dan bentuk gelombang yang digunakan dalam stimulus pengambilan data awal terlihat pada Gambar 3.4 sampai 3.6,



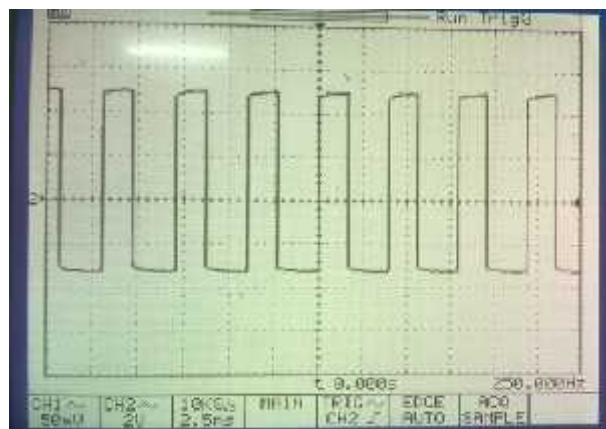
Gambar 3.3 Sinyal Generator,



Gambar 3.4 Hasil Bentuk Gelombang Sinus pada Layar Osiloskop,



Gambar 3.5 Hasil Bentuk Gelombang Segitiga pada Layar Osiloskop,



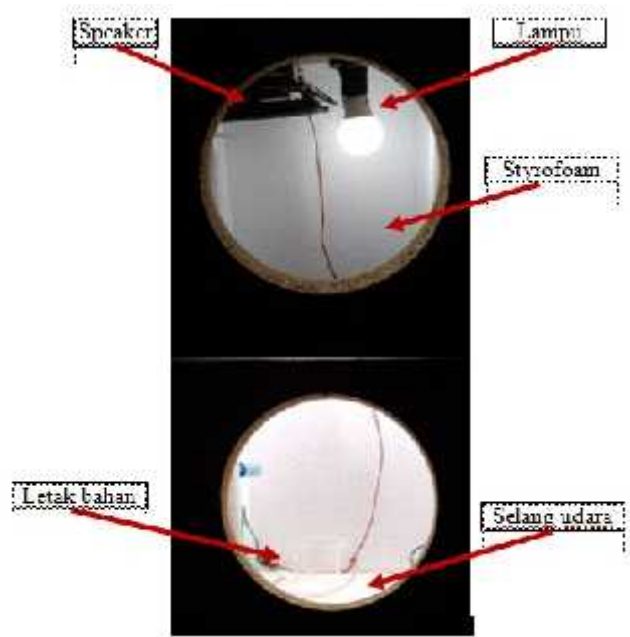
Gambar 3.6 Hasil Bentuk Gelombang Kotak pada Layar Osiloskop.

3.2.2 Kotak Penelitian

Pengambilan data awal dilakukan pada kotak (box) kedap suara, hal ini bertujuan untuk meminimalisir pengaruh-pengaruh akustik lain selain perlakuan. Desain box terlihat seperti pada Gambar 3.7. Box yang digunakan berukuran 40 x 40 x 100 cm. Box dibuat kedap suara dengan menggunakan lapisan bahan styrofoam setebal 2 cm yang diletakkan pada sekeliling kotak bagian dalam, styrofoam digunakan karena merupakan bahan peredam akustik yang baik. Cahaya lampu LED dengan merk dagang philips berdaya 6 watt digunakan sebagai pengganti cahaya matahari yang dibutuhkan tanaman. Sebuah speaker dengan diameter 6 inch dengan tipe woofer diletakkan pada posisi atas bagian dalam box, dengan arah diafragma menuju ke bawah, fungsinya sebagai sumber gelombang akustik untuk stimulus bahan uji. Sebuah selang dengan diameter 3 ml ditempatkan pada samping bagian bawah box, selang digunakan sebagai supply udara, dengan sumber udara yang dipompa dari aerator, fungsinya untuk melangsungkan hidup pertumbuhan bahan uji,



(a)



(b)

Gambar 3.7 (a) Box Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman,

3.2.3 Power Amplifier

Besar tegangan sinyal yang dihasilkan oleh sinyal generator masih sangat kecil, dan jika dimasukkan ke dalam speaker untuk stimulus tanaman maka intensitas suara yang dihasilkan masih sangat rendah. Jadi diperlukan penguatan sinyal akustik supaya mampu menghasilkan nilai intensitas suara yang dibutuhkan dalam parameter penelitian, yaitu sebesar 80, 90 dan 100 dB. Power amplifier yang digunakan dalam pengambilan data untuk memilih parameter gelombang akustik, suhu dan kelembaban yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman terlihat pada Gambar 3.8,



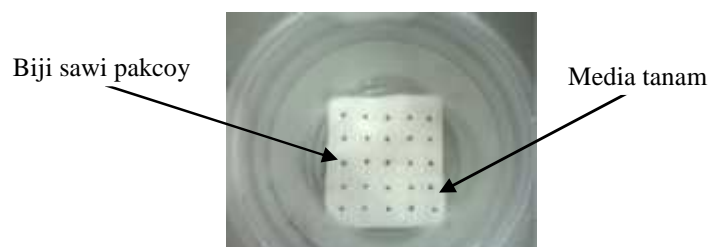
Gambar 3.8 Power Amplifier.

3.2.4 Prosedur Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman

Data yang diambil adalah berupa tinggi dan bobot kecambah yang telah diberi paparan gelombang akustik, hal ini dilakukan karena kedua data tersebut untuk mengetahui seberapa besar kecepatan pertumbuhan tanaman setelah diberikan perlakuan, ataupun secara tidak langsung menunjukkan seberapa cepat sel yang terkandung dalam tanaman tersebut mampu melakukan pembelahan. Bahan uji yang digunakan pada penelitian adalah jenis sawi pakcoy (*Brassica rapa L*), sawi ini dikenal juga dengan sawi sendok atau sawi daging.

Data diambil dengan cara menaruh biji sawi pakcoy pada kapas sebagai media tanam. Pemilihan media kapas ini dikarenakan mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya: mempunyai daya resap air yang sangat tinggi, kapas merupakan media yang bersih tanpa adanya campuran kotoran-kotoran yang lain, hal ini dapat mempermudah pengambilan data bobot kecambah ketika dilakukan penimbangan, dapat mempermudah dalam pengambilan data tinggi kecambah karena dalam pengambilan datanya, kecambah harus dicabut dan dengan media tanam ini sangat mudah dilakukan.

Air ditambahkan pada media kapas sebagai pemberi kelembaban awal guna sebagai proses berlangsungnya perkecambahan, dengan jumlah sebanyak 15 ml. Selain menjaga kelembaban kecambah, air juga berfungsi sebagai pengaktif embrio yang terdapat pada biji agar mampu melakukan proses pertumbuhan. Jumlah biji sawi pakcoy dalam satu media tanam sebanyak 25 biji, jarak antar biji kurang lebih 0,5 cm. Adapun penanaman biji pada media kapas yang akan dilakukan uji coba terlihat pada Gambar 3.9,



Gambar 3.9 Biji Sawi Pakcoy pada Media Tanam Kapas.

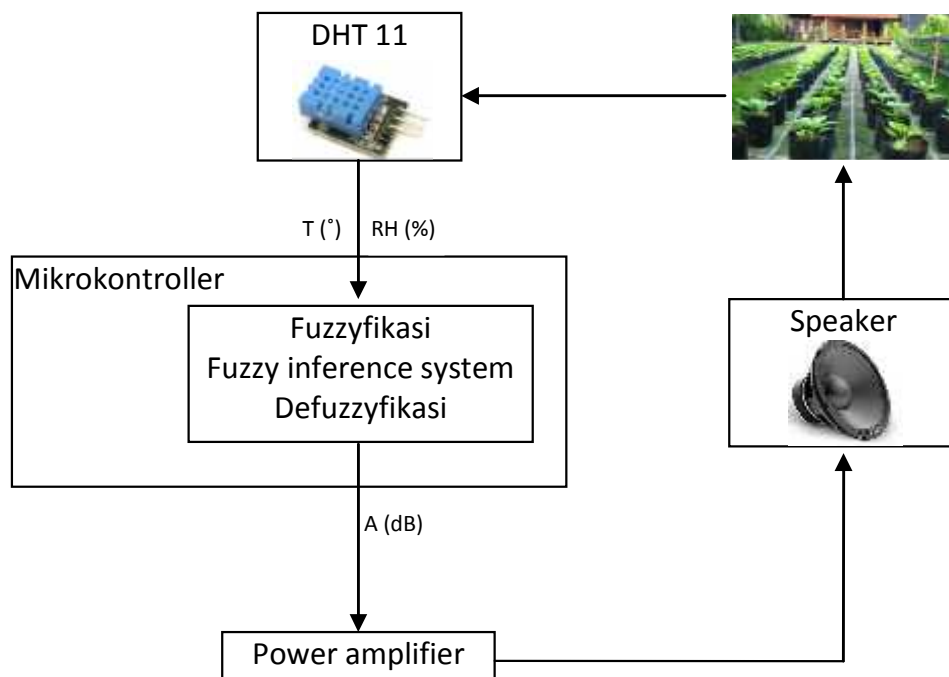
Paparan pada biji sawi pakcoy dengan gelombang akustik dilakukan setiap hari dengan lama waktu 8 jam selama 5 hari. Kelembaban kecambah harus selalu dijaga yaitu dengan memberikan air sebanyak 2 ml pada setiap 24 jam sekali. Pengambilan data dilakukan perulangan masing-masing sebanyak 3 kali pada setiap parameter perlakuan dan hasilnya dilakukan rata-rata.

3.3 Analisa Data Hasil Pengambilan Data Variasi Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman

Data yang telah didapat pada pengambilan data untuk memilih parameter gelombang akustik, suhu, dan kelembaban yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman proses pengambilan data awal akan dilakukan analisa, yaitu dengan cara membuat tabulasi data berupa grafik rata-rata tinggi dan bobot kecambah sawi pakcoy pada masing-masing variasi perlakuan. Data akan dilakukan analisa, kemudian disimpulkan dengan melihat pengaruh variasi parameter yang lebih berpengaruh ketika dilakukan perbandingan dengan data perlakuan kontrol. Kesimpulan akan digunakan sebagai pembuatan aturan dalam algoritma fuzzy.

3.4 Perancangan dan Pembuatan *Automatic Audio Organic Growth System* (AOGS)

Prinsip kerja *automatic* AOGS didesain seperti pada Gambar 3.10. Alat akan mengeluarkan gelombang akustik dengan intensitas suara yang mampu berubah sesuai dengan data suhu dan kelembaban yang dideteksi oleh sensor,



Gambar 3.10 Diagram Rancangan *Automatic AOGS*.

Sinyal akustik akan dibangkitkan menggunakan algoritma dalam mikrokontroller, sinyal dialirkan dan diperkuat dengan power amplifier kemudian masuk ke speaker. Suara dari speaker inilah yang digunakan untuk stimulus tanaman. Besar frekuensi, bentuk gelombang dan intensitas taraf bunyi akan dibuat sesuai dengan kesimpulan pengambilan data awal yang telah didapat pada langkah 3.2, yaitu menggunakan gelombang berbentuk kotak, dengan frekuensi 2000 Hz, intensitas suara yang dihasilkan 80 sampai 100 dB. Pemaparan besarnya nilai gelombang akustik akan ditentukan dengan data yang diperoleh dari sensor suhu dan kelembaban yaitu DHT 11, data tersebut yang akan dijadikan sebagai data masukan untuk mengontrol besar kecilnya gelombang akustik.

Dalam perancangan algoritma program pada alat, akan digunakan sistem yang memperhitungkan dari proses membuka menutupnya stomata, hal ini dikarenakan sistem kerja dari alat adalah bertujuan untuk menggetarkan stomata pada daun, tujuannya agar celah stomata mampu terbuka lebih lebar. Stomata akan mengalami pembukaan ketika beberapa syarat terpenuhi, diantaranya yang paling penting adalah terdapatnya suhu dan kelembaban yang terpenuhi nilainya. Proses inilah yang akan dipakai dalam perancangan algoritma pada alat.

Alat akan aktif melakukan stimulus gelombang akustik apabila kedua parameter nilai suhu dan kelembaban memenuhi kriteria pada pembukaan stomata pada sifat alaminya, dan proses stimulus gelombang akustik akan mati ketika salah satu maupun kedua parameter tidak terpenuhi. Hal ini secara tidak langsung dapat dikatakan bahwasanya alat akan otomatis memberikan pemaparan ketika stomata membuka dan alat akan otomatis mati ketika stomata menutup.

Pembangkitan frekuensi akan dilakukan dengan pembuatan algoritma tersendiri. Besar stimulus pada tanaman akan digunakan aturan algoritma *fuzzy*, suhu dan kelembaban yang dijadikan sebagai data input untuk proses *fuzzy logic*, identifikasi besarnya nilai stimulus dapat dikelompokkan menurut suhu dan kelembaban sekitar tanaman. Output dari *fuzzy logic* adalah berupa nilai besar kecilnya amplitudo.

Sistem logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 3.11. Adapun tahapan di dalam perancangan logika fuzzy pada sistem kontrol keluaran gelombang akustik, di antaranya:

1. Membuat himpunan fuzzy dari variabel input dan variabel output.

Variabel input berupa nilai suhu dan kelembaban,

-) Suhu terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu: Dingin, Sedang, Panas
-) Kelembaban terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu: Kering, Sedang, Basah

Variabel output berupa nilai amplitudo gelombang akustik,

-) Nilai amplitudo menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu: Kecil, Sedang, Besar

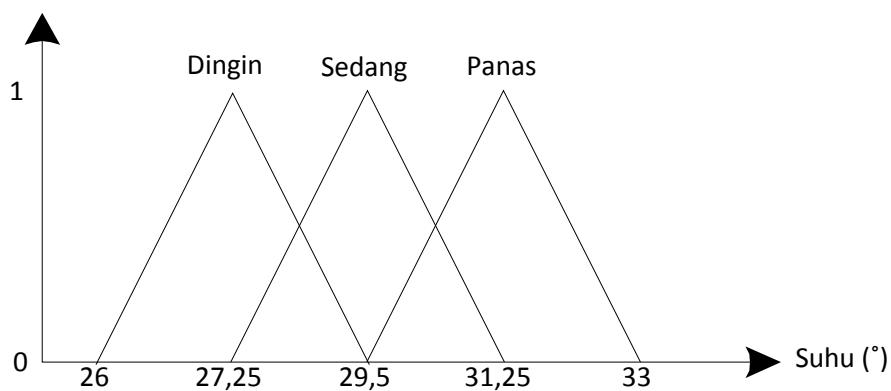
2. Menentukan nilai semesta pembicaraan dari tiap-tiap himpunan fuzzy

Suhu (T) (°)	: [26 33]
Kelembaban (RH) (%)	: [30 90]
Amplitudo (A) (dB)	: [80 100]

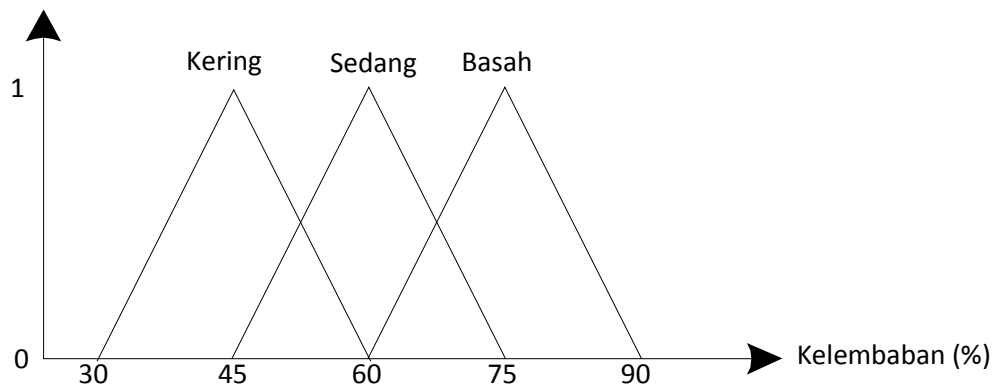
Gambar 3.11 merupakan diagram logika fuzzy, Gambar 3.12 dan Gambar 3.13 menunjukkan himpunan input suhu dan kelembaban, dan Gambar 3.14 menunjukkan himpunan dari amplitudo. Aturan logika fuzzy untuk Amplitudo ditunjukkan pada Tabel 3.3,



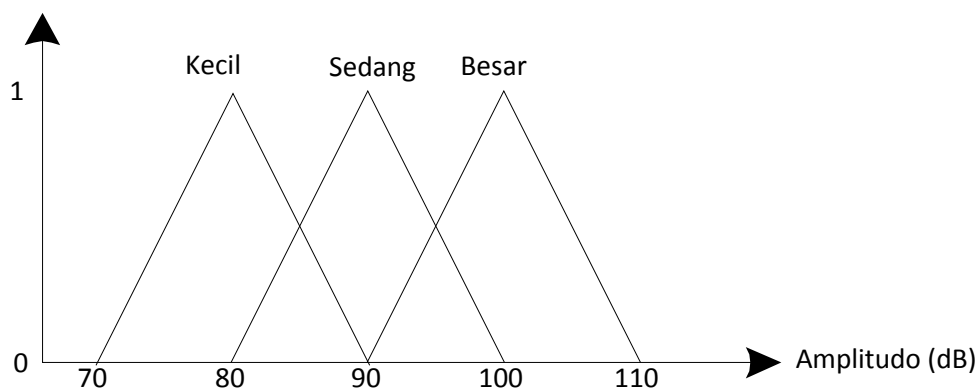
Gambar 3.11 Blok Diagram Logika Fuzzy,



Gambar 3.12 *Membership Function* untuk Input Suhu,



Gambar 3.13 *Membership Function* untuk Input Kelembaban,



Gambar 3.14 Himpunan *fuzzy* untuk *Output* Amplitudo.

Tabel 3.3 *Rule* Amplitudo

Suhu Kelembaban	Dingin	Sedang	Panas
Kering	Kecil	Kecil	Sedang
Sedang	Kecil	Sedang	Besar
Basah	Sedang	Besar	Besar

Untuk rancangan aturan jika dilihat dari kedua input seperti di atas, maka dapat disusun rancangan *rule* untuk *fuzzy* system sebanyak 9 aturan dalam bentuk linguistik *rule*, Tabel 3.3 menunjukkan rule set point amplitudo pemaparan. Dengan mengetahui nilai derajat keanggotaan maka selanjutnya dapat mengetahui nilai derajat keanggotaan yang harus diambil untuk proses *defuzzyfikasi* dari setiap rule yang telah dibuat.

3.5 Uji Coba Alat dengan Bahan Uji Tanaman Pertanian Perkotaan

Uji coba AOGS dilakukan di dalam Green House Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Dengan waktu selama 2 bulan, mulai tanggal 25 september sampai 24 nopember 2016, penggunaan Green House bertujuan agar akustik-akustik lain selain dari alat mampu diminimalisir. Pada penelitian ini menggunakan media tanam polybeg, terlihat media tanam yang digunakan seperti pada Gambar 3.15,



Gambar 3.15 Media Tanam Polybeg.

Dalam uji coba alat digunakan tanaman sawi pakcoy dengan sistem penanaman menggunakan sistem pertanian perkotaan, sistem ini merupakan suatu cara penanaman yang dilakukan dengan tidak langsung pada lahan pertanian, namun menggunakan media tertentu sebagai ganti media tanam lahan pertanian.

3.5.1 Persiapan Tanaman Sawi Pakcoy

Media tanam yang digunakan adalah berupa campuran antara pupuk organik (terlihat pada Lampiran 114) dengan tanah kebun (terlihat pada Lampiran 113), dengan perbandingan keduanya yaitu 1:1, kemudian dilakukan proses pencampuran keduanya seperti terlihat pada Lampiran 115, dan dimasukkan ke dalam polybeg dengan ukuran dimensi 20 x 20 x 10 cm. Selanjutnya diberi air secukupnya.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pembibitan Tanaman

Pembibitan dilakukan dengan cara menanam biji sawi pakcoy ke dalam polybeg media tanam yang telah dibuat, terlihat pada Gambar 3.16. Biji ditanam sebanyak 3 sampai 5 butir pada masing-masing polybeg, hal ini bertujuan supaya jika ada benih yang tidak dapat tumbuh maka dapat tergantikan benih yang lain. Proses pembibitan dilakukan selama 15 hari. Pembibitan yang dilakukan langsung pada polybeg ini bertujuan agar proses pembibitan lebih mudah, karena dilakukan langsung pada media tanam proses penanaman,



Gambar 3.16 Pembibitan Sawi Packcoy.

2. Penanaman

Tanaman uji coba pada masing-masing polybeg hanya digunakan 1 tumbuhan, proses ini dilakukan dengan cara mencabut bibit sawi pakcoy pada polybeg setelah masa pembibitan dan menyisakan hanya 1 tumbuhan. Dibutuhkan sebanyak 40 bibit tanaman pada polybeg yang dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu 20 menjadi kelompok kontrol terlihat pada Gambar 3.17 dan 20 tanaman menjadi kelompok yang akan diberi perlakuan AOGS terlihat pada Gambar 3.18. Letak masing-masing pada setiap kelompok polybeg berjarak 30 cm, hal ini dilakukan bertujuan supaya masing-masing daun tidak mengalami tumpang tindih antar tanaman,



Gambar 3.17 Kelompok Perlakuan Kontrol,



Gambar 3.18 Kelompok Perlakuan Stimulus AOGS.

3. Pemupukan

Pemupukan tanaman dilakukan dengan menggunakan pupuk NPK dan pupuk daun dengan merk dagang Gandasil D. Pemupukan dilakukan setiap 10 hari sekali. Pupuk NPK diberikan dengan cara melarutkan 100 ml butiran pupuk ke dalam 5 liter air, kemudian setiap tanaman diberi 100 ml larutan tersebut. Pupuk daun diberikan dengan cara melarutkan 1 ml pupuk ke dalam 2 liter air kemudian disemprotkan ke tanaman secara menyeluruh menggunakan *hand spray*. Penyemprotan dilakukan secara bersamaan pada kedua kelompok tanaman, namun untuk kelompok perlakuan AOGS dilakukan bersamaan sekitar 1 jam setelah dinyalakan alat.

4. Perawatan

Perawatan dilakukan dengan cara menghilangkan segala sesuatu yang dapat mengganggu dalam proses pertumbuhan tanaman, misalnya seperti mencabut tanaman lain (gulma) pada polybeg yang merugikan tanaman uji coba atau mencegah adanya hama. Untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman masing-masing tanaman diberi air sebanyak 200 ml setiap hari pada pagi hari.

3.5.2 Proses Stimulus Menggunakan AOGS

Letak AOGS berada pada bagian samping tanaman sawi pakcoy, terlihat seperti pada Gambar 3.19,



Gambar 3.19 Posisi Stimulus AOGS pada Tanaman Sawi Pakcoy.

Jarak antara AOGS dengan tanaman sekitar 30 cm. Alat dinyalakan setiap saat tanpa dimatikan selama 21 hari kecuali ketika penggantian baterai. Alat akan otomatis melakukan setimulus gelombang akustik ketika nilai suhu dan kelembaban terpenuhi dalam aturan fuzzy yang telah dibuat. Sensor suhu dan kelembaban diletakkan disekitar tanaman, parameter data dari sensor tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya intensitas suara yang digunakan stimulus tanaman secara otomatis.

3.5.3 Pengambilan Data

Data yang diambil berupa tinggi tanaman, luas daun, lebar pembukaan stomata, klorofil daun, bobot segar dan bobot kering sawi pakcoy dan kandungan NPK pada tanaman. Adapun cara pengambilan data sebagai berikut:

1. Tinggi Tanaman

Tinggi sawi pakcoy diukur menggunakan mistar mulai sejajar dengan bagian media tanam sampai puncak tertinggi tanaman seperti terlihat pada Gambar 3.20,



Gambar 3.20 Pengukuran Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Menggunakan Mistar.

2. Luas Daun

Pengukuran luas daun dilakukan dengan menggunakan kertas milimeter seperti pada Gambar 3.21. Cara pengambilan data adalah dengan meletakkan daun di atas kertas milimeter, kemudian dibuat pola dengan menggambarannya sesuai bentuk daun tersebut. Luas daun dapat diketahui dengan cara menghitung jumlah kotak yang ada dalam pola daun, lalu dikalikan jumlahnya dengan luas kotak mm^2 . Untuk daerah kertas milimeter yang tidak sepenuhnya terdapat pada gambar pola, maka tidak akan masuk hitungan dan jika sebagian besar kotak milimeter masuk ke dalam pola gambar maka akan masuk hitungan,



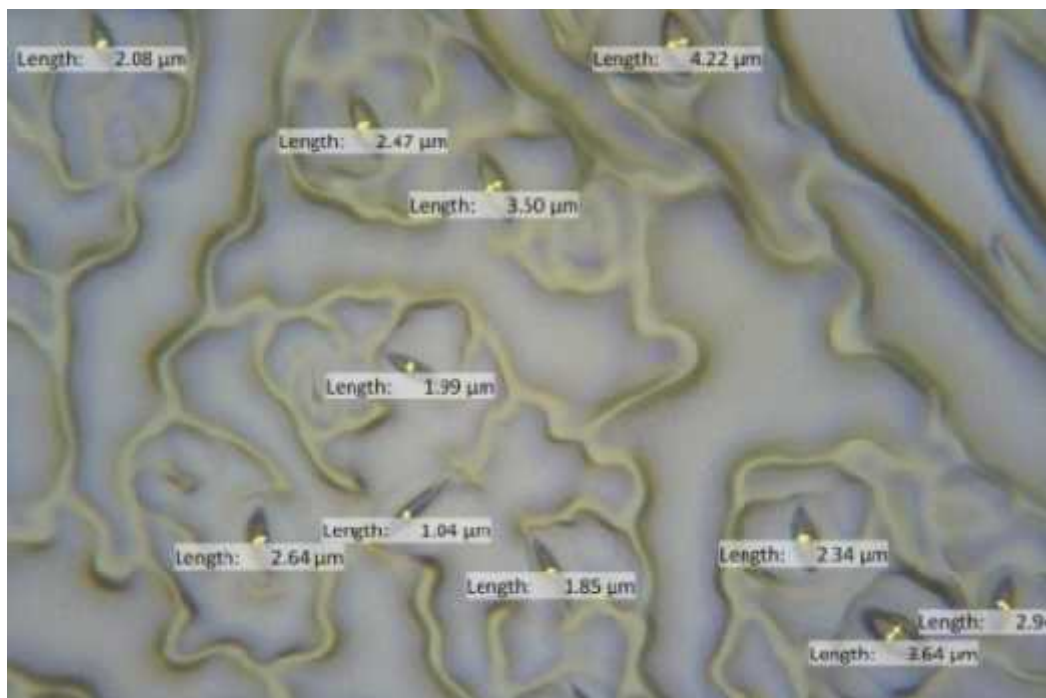
Gambar 3.21 Pengukuran Luas Daun Sawi Pakcoy Menggunakan Kertas Milimeter.

3. Lebar Pembukaan Stomata

Cara untuk mengetahui lebar pembukaan stomata adalah menggunakan metode cetak stomata menggunakan cutex bening. Caranya adalah memberi cutex bening pada bagian permukaan daun, fungsinya untuk mendapatkan cetakan stomata. Setelah cutex mengering, lapisan tersebut direkatkan pada isolasi bening dan ditarik secara perlahan, tujuannya agar cetakan stomata pada cutex dapat melekat pada isolasi, kemudian dilekatkan pada kaca preparat terlihat seperti pada Gambar 3.22. Kaca preparat hasil cetakan stomata diamati di bawah mikroskop dan didapatkan hasil tampilan penampang stomata yang tertampil pada layar mikroskop, disimpan hasilnya dengan format .JPEG. Langkah berikutnya digunakan software Image Raster 3, fungsinya untuk melihat dan mengukur seberapa besar pembukaan stomata pada file .JPEG hasil cetakan pada cutex yang terdapat pada kaca preparat tersebut, dengan hasil seperti pada Gambar 3.23,



Gambar 3.22 Contoh Gambar Preparat Hasil Cetakan Stomata Sawi Pakcoy Menggunakan Cutex Bening,



Gambar 3.23 Hasil Perhitungan Luas Pembukaan Stomata Daun Sawi Packcoy.

4. Kadar klorofil

Besar kadar klorofil daun sawi pakcoy diambil dengan menggunakan bantuan spektrofotometer yang sebelumnya dilakukan ekstrak terlebih dahulu, seperti terlihat pada gambar 3.24,



Gambar 3.24 Hasil Ekstraksi Klorofil Daun Sawi Packcoy.

Pengambilan data dilakukan di laboratorium Fisiologi Tumbuhan jurusan budidaya pertanian universitas Brawijaya Malang. Langkah pengambilan data adalah: diambil daun sawi pakcoy yang telah dihilangkan tulang daunnya dan ditimbang sebanyak 2 gram. Selanjutnya ditumbuk sampai halus dan diberi tambahan larutan aseton sebanyak 10 ml. Campuran tumbukan daun dan aseton disaring dengan menggunakan kertas saring. Cairan yang telah tersaring akan berwarna hijau pekat, cairan ini di ambil sebanyak 2 ml dan ditambah aseton 10 ml, cairan ini yang akan nantinya dilakukan proses pengambilan data absorbansi pada spektrofotometer. Data pada spektrofotometer diambil sebanyak 2 kali, yaitu dengan menggunakan panjang gelombang 665 dan 649 nm, kemudian diambil datanya. Kedua data tersebut akan digunakan untuk menghitung jumlah klorofil A, klorofil B dan klorofil total. Perhitungan nilai klorofil menggunakan rumus Wintermans dan De Mots.

5. Bobot Tanaman

Data bobot sawi pakcoy diambil di laboratorium Sumber Daya lingkungan jurusan budidaya pertanian universitas Brawijaya Malang. Diambil dua macam data yaitu data bobot segar dan bobot kering. Bobot segar diambil dengan cara menimbang langsung sawi pakcoy yang masih segar setelah sesaat panen menggunakan neraca digital, terlihat pada Gambar 3.25. Data bobot kering sawi pakcoy diambil dengan cara dikeringkan terlebih dahulu sawi pakcoy segar ke dalam oven khusus yang sebelumnya dimasukkan ke dalam wadah kertas, dengan suhu 65° C selama 2 kali 24 jam kemudian ditimbang dengan neraca digital, terlihat pada Gambar 3.26,



Gambar 3.25 Pengambilan Data Bobot Segar Sawi Packcoy,



Gambar 3.26 Pengambilan Data Bobot Kering Sawi Packcoy.

6. Kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) pada daun sawi pakcoy

Data kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) dilakukan dengan bantuan laboran, karena membutuhkan keahlian khusus serta alat yang khusus. Pengambilan data dilakukan di jurusan Tanah Universitas Brawijaya Malang.

3.6 Analisa Data Hasil Uji Coba *Automatic Audio Organic Growth System* (AOGS) dengan Bahan Uji Tanaman Pertanian Perkotaan

Data yang telah didapat akan dibuat dalam bentuk tabulasi data untuk mengetahui hubungan data-data, yaitu berupa data tinggi tanaman, luas daun, pembukaan lebar stomata, kandungan klorofil, bobot hasil panen (bobot segar dan kering), dan kandungan Nitrogen (N) dan Kalium (K) pada daun. Data terdiri dari dua kelompok, yaitu kelompok tanaman kontrol dan kelompok tanaman yang diberi perlakuan AOGS. Data yang telah didapat akan dilakukan perbandingan dalam bentuk prosentase antara penggunaan AOGS dengan perlakuan kontrol, kemudian dilakukan analisa perbandingan data yang telah didapat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

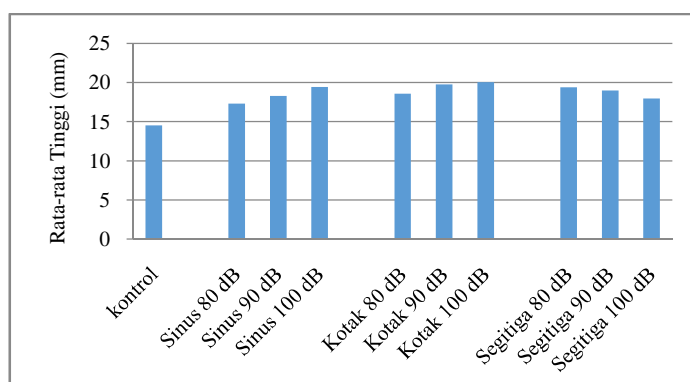
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengambilan Data untuk Memilih Parameter Gelombang Akustik, Suhu, dan Kelembaban yang Berpengaruh pada Pertumbuhan Tanaman

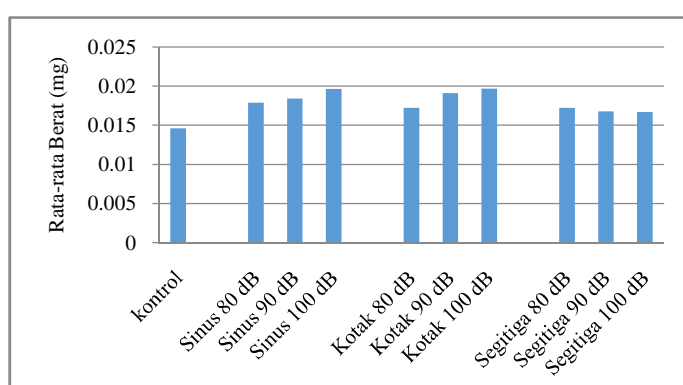
Data berupa pengaruh gelombang akustik pada benih sawi pakcoy. Hasil sampel biji sawi pakcoy yang telah dilakukan perlakuan stimulus selama 5 hari akan berubah menjadi kecambah, terlihat seperti pada Gambar 4.1. Hasil pertumbuhan kecambah akan dilakukan pengambilan data berupa rata-rata tinggi dan bobot benih pada masing-masing variasi perlakuan. Parameter gelombang akustik menggunakan bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga, masing-masing bentuk gelombang menggunakan frekuensi 1000 Hz dan 2000 Hz, dengan SPL pada masing-masing frekuensi menggunakan 80, 90, dan 100 dB. Hasil pengambilan data awal secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai 57. Grafik hasil percobaan yang telah didapat, tinggi rata-rata kecambah pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.4, dan bobot segar rata-rata kecambah dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.5,



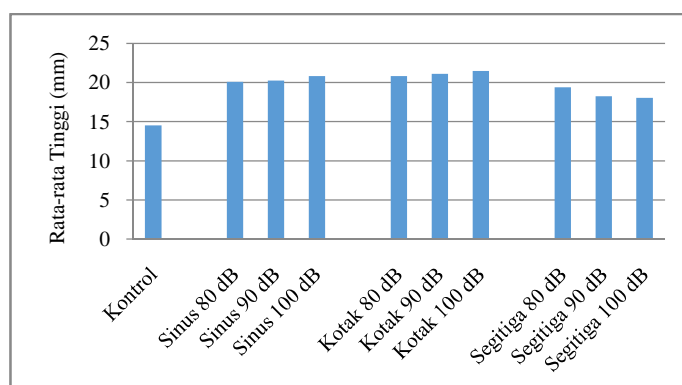
Gambar 4.1 Sampel Hasil Pengambilan Data Awal Pertumbuhan Biji Sawi setelah 5 Hari,



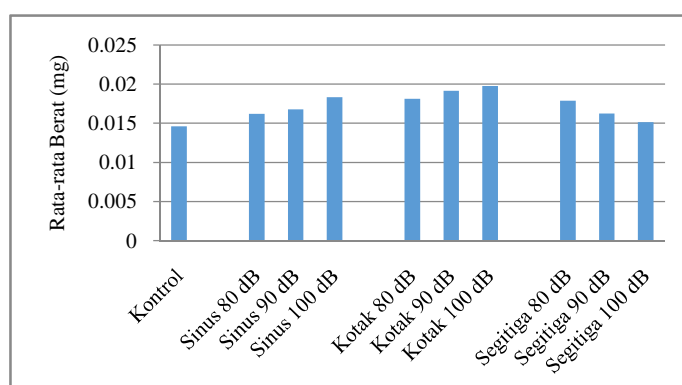
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 1000 Hz,



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 1000 Hz,



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 2000 Hz,



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Gelombang Akustik dengan Perlakuan Kontrol Menggunakan Variasi Bentuk Gelombang Sinus, Kotak, dan Segitiga dengan Frekuensi 2000 Hz.

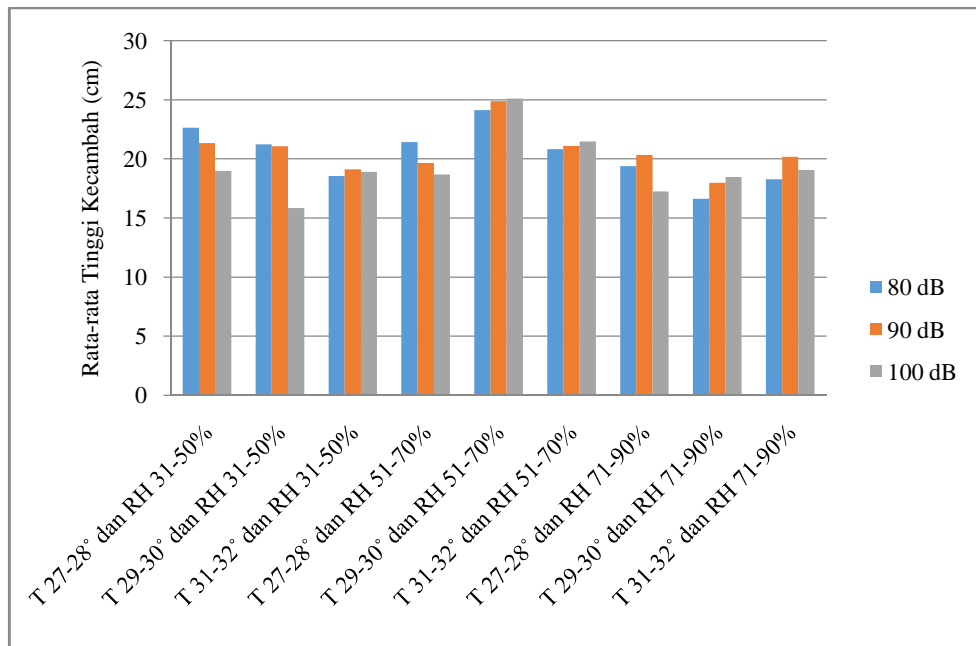
Data grafik pada Gambar 4.2 sampai 4.5 terlihat bahwasanya paparan gelombang akustik mampu mempengaruhi pertumbuhan sawi pakcoy secara positif, hal ini terlihat ketika dilakukan perbandingan dengan data tanpa diberi perlakuan stimulus gelombang akustik (kontrol) yang telah didapatkan, yaitu tinggi dan bobot rata-rata pada setiap perlakuan stimulus memiliki nilai yang lebih besar dari pada perlakuan kontrol. Hal ini secara tidak langsung dapat dikatakan bahwasanya ketika tumbuhan sawi pakcoy diberi perlakuan paparan gelombang

akustik ternyata pembelahan sel yang terdapat pada tanaman mengalami pembelahan lebih cepat dari pada tanpa perlakuan (kontrol).

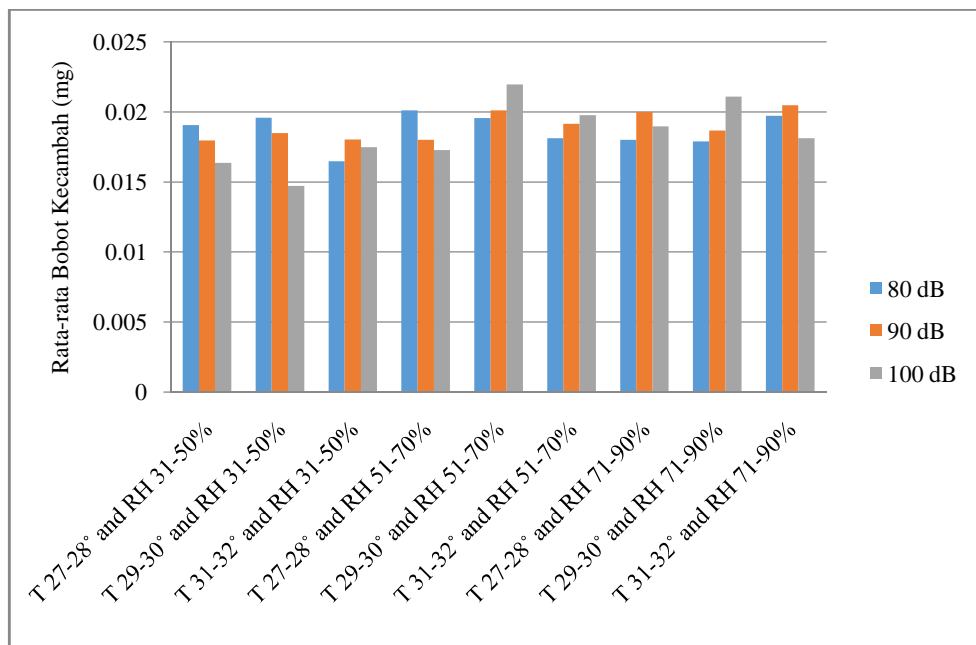
Grafik data pada Gambar 4.10 ketika digunakan frekuensi 1000 Hz dengan variasi bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga maka yang paling berpengaruh terhadap tinggi kecambah adalah bentuk gelombang kotak. Grafik pada Gambar 4.12 ketika digunakan frekuensi 2000 Hz dengan variasi bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga maka yang paling berpengaruh terhadap tinggi kecambah adalah bentuk gelombang kotak. Grafik data pada Gambar 4.11 ketika digunakan frekuensi 1000 Hz dengan variasi bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga maka yang paling berpengaruh terhadap bobot kecambah adalah bentuk gelombang kotak. Grafik data pada Gambar 4.13 ketika digunakan frekuensi 2000 Hz dengan variasi bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga maka yang paling berpengaruh terhadap bobot kecambah adalah bentuk gelombang kotak.

Bentuk gelombang sinus, kotak, dan segitiga yang digunakan dalam stimulus tanaman ternyata mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman ketika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Gelombang kotak dan sinus ternyata dengan SPL 100 dB memiliki pengaruh yang lebih baik dari pada SPL 80 dan 90 dB, namun ketika menggunakan gelombang berbentuk segitiga dengan SPL 80 dB memiliki pengaruh lebih baik dari pada SPL 90 dan 100 dB.

Data hasil rata-rata tinggi dan bobot kecambah, jika dilakukan perbandingan pada setiap variasi dengan data kontrol, maka yang paling berpengaruh dalam mempengaruhi tumbuhan sawi pakcoy secara positif adalah gelombang akustik berbentuk kotak dengan frekuensi 2000 Hz, kemudian gelombang sinus frekuensi 2000 Hz dan segitiga frekuensi 2000 Hz. Maka parameter yang digunakan pada pengambilan data selanjutnya adalah gelombang berbentuk kotak dengan frekuensi 2000 Hz.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Kecambah Sawi Pakcoy dengan Variasi Suhu dan Kelembaban Menggunakan Stimulus Gelombang Akustik Berbentuk Kotak dengan Frekuensi 2000 Hz,



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kecambah Sawi Pakcoy dengan Variasi Suhu dan Kelembaban Menggunakan Stimulus Gelombang Akustik Berbentuk Kotak dengan Frekuensi 2000 Hz,

Uji coba pengambilan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan variasi parameter suhu dan kelembaban yang telah ditentukan nilainya seperti pada Tabel 3.2. Masing-masing parameter diberi perlakuan stimulus dengan menggunakan kesimpulan gelombang akustik yang lebih berpengaruh positif dibandingkan data kontrol pada pengambilan data sebelumnya, yaitu menggunakan gelombang kotak dengan frekuensi 2000 Hz. Hasil data berupa tinggi dan bobot benih sawi pakcoy. Hasil data secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 58 sampai 111. Hasil grafik data rata-rata tinggi kecambah seperti pada Gambar 4.6, dan bobot rata-rata kecambah seperti pada Gambar 4.7. Grafik terlihat bahwasanya pada masing-masing variasi suhu dan kelembaban dapat dikatakan bahwasanya tinggi kecambah berbanding lurus dengan bobot kecambah, semakin tinggi kecambah maka semakin besar pula bobot yang didapatkan.

Data dari setiap parameter variasi suhu dan kelembaban dapat dilihat SPL yang paling berpengaruh dalam pertumbuhan kecambah, kesimpulan besaran SPL inilah yang nantinya digunakan dalam pembuatan algoritma. Jadi aturan dalam algoritma pembangkitan sinyal akustik pada pembuatan AOGS yaitu menggunakan gelombang berbentuk kotak, dengan frekuensi 2000 Hz dan nilai aturan besarnya SPL dapat dilihat pada Tabel 4.1,

Tabel 4.1 Kesimpulan Nilai SPL yang Lebih Berpengaruh Positif Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy

No	Parameter	Intensitas Suara (dB)
1	Suhu 27-28° dan kelembaban 31-50%	80
2	Suhu 29-30° dan kelembaban 31-50%	80
3	Suhu 31-32° dan kelembaban 31-50%	90
4	Suhu 27-28° dan kelembaban 51-70%	80
5	Suhu 29-30° dan kelembaban 51-70%	90
6	Suhu 31-32° dan kelembaban 51-70%	100
7	Suhu 27-28° dan kelembaban 71-90%	90
8	Suhu 29-30° dan kelembaban 71-90%	100
9	Suhu 31-32° dan kelembaban 71-90%	100

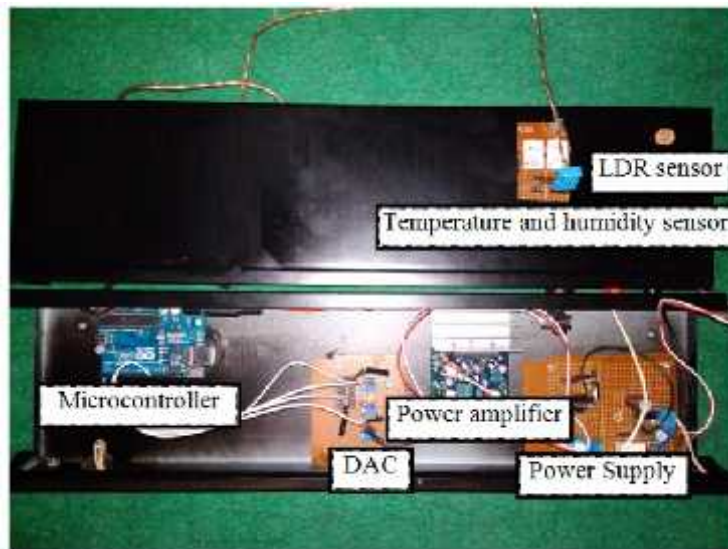
4.2 Hasil Perancangan dan Pembuatan *Automatic Audio Organic Growth System* (AOGS)

Prinsip kerja dari AOGS merupakan pembangkitan sinyal akustik dari mikrokontrol dan dikontrol oleh aturan algoritma, dengan keluaran sinyal akustik sesuai dengan nilai suhu dan kelembaban dari sensor, kemudian sinyal diperkuat oleh power amplifier dan masuk ke dalam speaker, maka suara akustik yang dihasilkan oleh speaker digunakan dalam stimulus dalam pertumbuhan tanaman. AOGS juga terdapat sensor cahaya, fungsinya sebagai pengendali “on” atau “off” alat, tujuannya agar pada siang hari ketika terdapatnya cahaya matahari maka alat akan otomatis menyala dan sebaliknya.

Mikrokontroller akan membangkitkan gelombang sinyal akustik berbentuk kotak dengan frekuensi sebesar 2000 Hz. Sinyal akustik dari mikrokontroler yang dihasilkan mempunyai tegangan keluaran 5V. Jika tegangan 5 V dimasukkan ke dalam speaker secara langsung, maka SPL yang dihasilkan belum mampu mencapai 100 dB, maka membutuhkan penguatan power amplifier dengan daya tertentu, tujuannya agar keluaran suara akustik yang dialirkan ke dalam speaker mampu mencapai SPL maksimal yang dibutuhkan dalam penelitian, yaitu sebesar 100 dB. Hasil alat terlihat seperti pada Gambar 4.8,



(a)



(b)

Gambar 4.8 (a) Hasil AOGS Terlihat Dari Luar, (b) Rangkaian Komponen Penyusun AOGS.

Besar SPL akan diatur melalui DAC, kemudian masuk ke dalam power amplifier dan dilewatkan ke dalam speaker. Speaker yang digunakan mempunyai type woofer dengan diameter 6 inch, speaker ini dipilih karena mempunyai rentang frekuensi dan SPL melebihi rentang parameter yang dibutuhkan dalam perancangan alat. Rancangan aturan algoritma akan diatur seperti tabel 4.1. Selanjutnya dilakukan uji coba ulang dengan menggunakan suhu dan kelembaban buatan yang didekatkan pada sensor DHT 11, tujuannya supaya AOGS yang telah dibuat memang benar-benar sesuai dengan rancangan aturan algoritma yang telah ditentukan parameternya. Jika perubahan nilai data suhu dan kelembaban dari DHT 11 belum mampu mengeluarkan SPL yang sesuai dengan aturan pada algoritma, maka perlu diatur ulang nilai DAC yang digunakan.

Aturan algoritma untuk mengatur keluaran SPL digunakan pada AOGS karena bertujuan agar penggunaan gelombang akustik pada tanaman tidak bertolak belakang pada keadaan membuka atau menutupnya celah stomata. Sifat stomata akan membuka ketika parameter suhu dan kelembaban terpenuhi, jika tidak terpenuhi misalnya dalam keadaan pada suhu yang tinggi dan kelembaban rendah maka celah stomata akan menutup, karena terjadi proses alami sifat

adaptasi stomata, hal ini bertujuan untuk mengurangi penguapan pada daun yang berlebih. Maka aturan algoritma dirancang akan mengeluarkan stimulus gelombang akustik sesuai dengan suhu dan kelembaban pada sekitar tanaman, nilai besarnya SPL alat akan tergantung pada nilai suhu dan kelembaban pada sekitar tanaman, jadi secara tidak langsung besar nilai SPL yang digunakan dalam stimulus tanaman akan sesuai dengan keadaan celah stomata.

4.2.1 Pengujian Frekuensi dan Taraf Intensitas Bunyi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sumber frekuensi dan taraf intensitas bunyi yang diinginkan telah didapat secara benar ataupun belum. Pengujian frekuensi dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan alat yang telah dibuat kemudian sinyal dapat dilakukan identifikasi menggunakan osiloskop. Pengujian taraf intensitas bunyi dilakukan dengan cara mengaktifkan alat yang telah dibuat, kemudian suara akustik yang dihasilkan akan dideteksi dengan bantuan *sound pressure level meter* (SPL meter). Apabila pengujian kedua parameter belum memenuhi kriteria yang diinginkan maka dilakukan perancangan ulang algoritma maupun *hardware* yang telah dibuat.

4.2.2 Pengujian Sensor

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang dihasilkan oleh sensor telah mampu bekerja sesuai dengan keadaan nilai yang sebenarnya ataupun masih belum. Pengujian sensor dilakukan dengan cara memberi kelembaban dan suhu buatan yang telah ditentukan nilainya menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang telah terkalibrasi, kemudian nilai hasil data dari sensor yang digunakan akan dilakukan perbandingan dan dilakukan evaluasi. Jika data sensor yang dibuat belum sesuai dengan nilai data dari sensor yang terkalibrasi maka perlu dilakukan perancangan ulang.

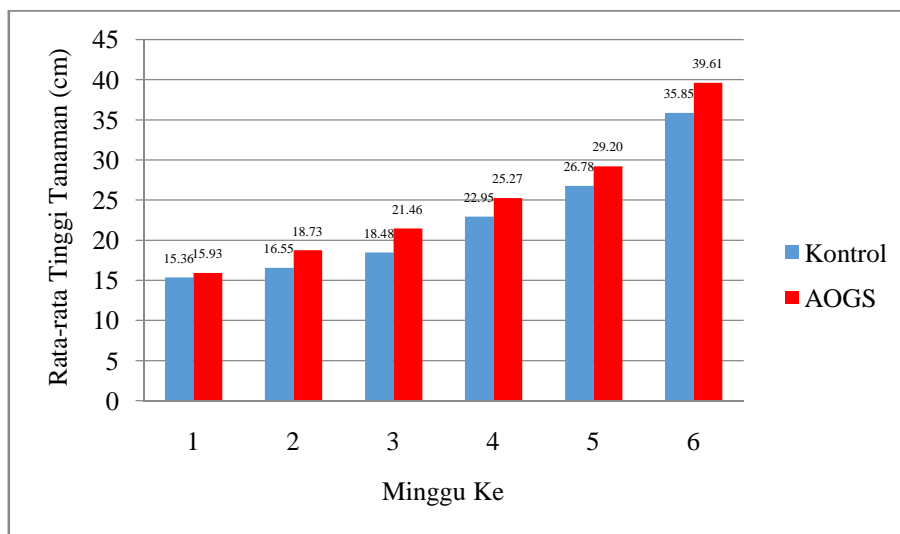
4.2.3 Pengujian Aturan

Pengujian dilakukan dengan cara memberi suhu dan kelembaban buatan pada sensor, data dari sensor akan diolah oleh algoritma pada mikrokontrol dan menghasilkan sinyal akustik kemudian masuk ke DAC, selanjutnya diperkuat oleh

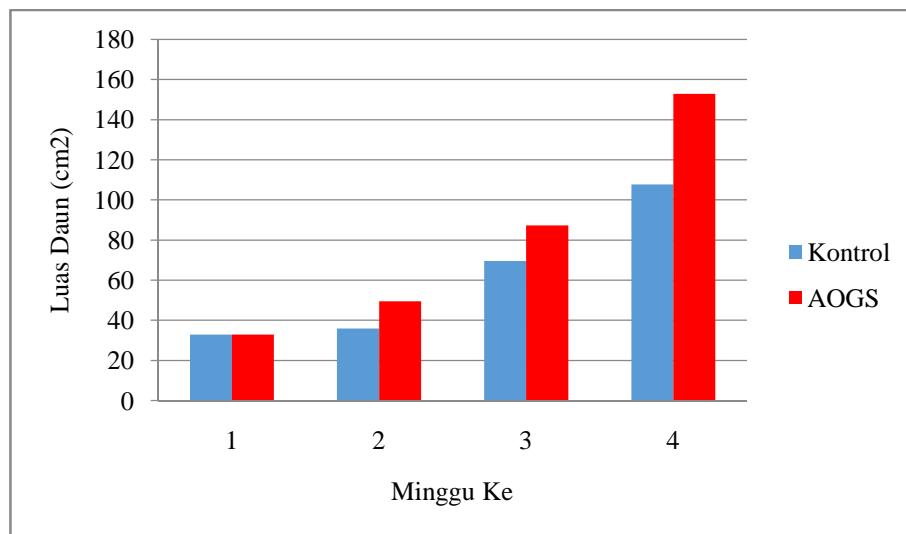
power amplifier. Sinyal akustik yang telah diperkuat akan dilewatkan melalui speaker. Hasil keluaran SPL suara akustik dari speaker dapat dideteksi menggunakan *sound pressure level meter* (SPL meter). Dilakukan evaluasi kesesuaian nilai aturan suhu dan kelembaban pada sensor yang diolah oleh aturan algoritma dengan hasil nilai SPL yang dihasilkan oleh speaker. Jika belum sesuai dengan aturan-aturan pada algoritma yang telah ditentukan nilai parameternya, maka perlu diatur ulang perancangan alat.

4.3 Hasil dan Analisa Data Pengujian AOGS Menggunakan Tanaman Pertanian Perkotaan

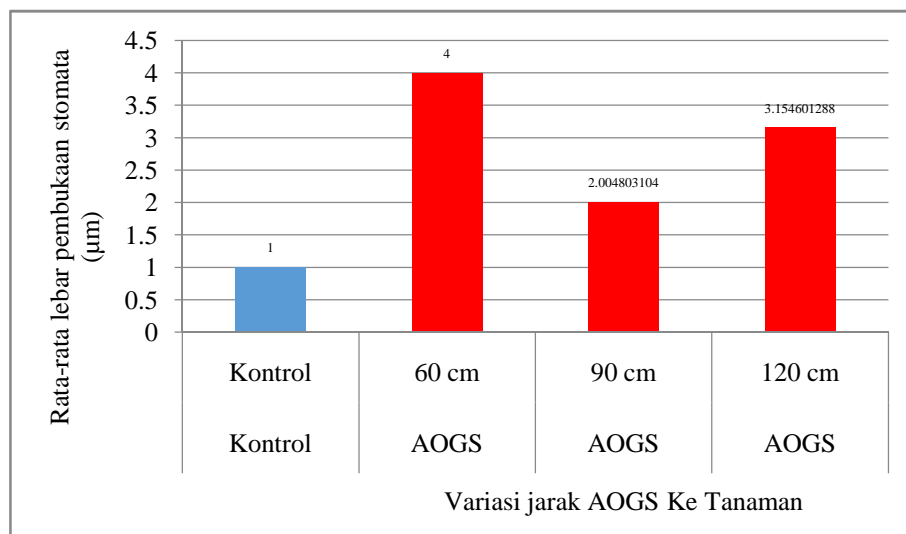
Penelitian dilakukan selama masa vegetatif tumbuhan, dengan hasil terlihat seperti pada Gambar 4.9 sampai 4.15,



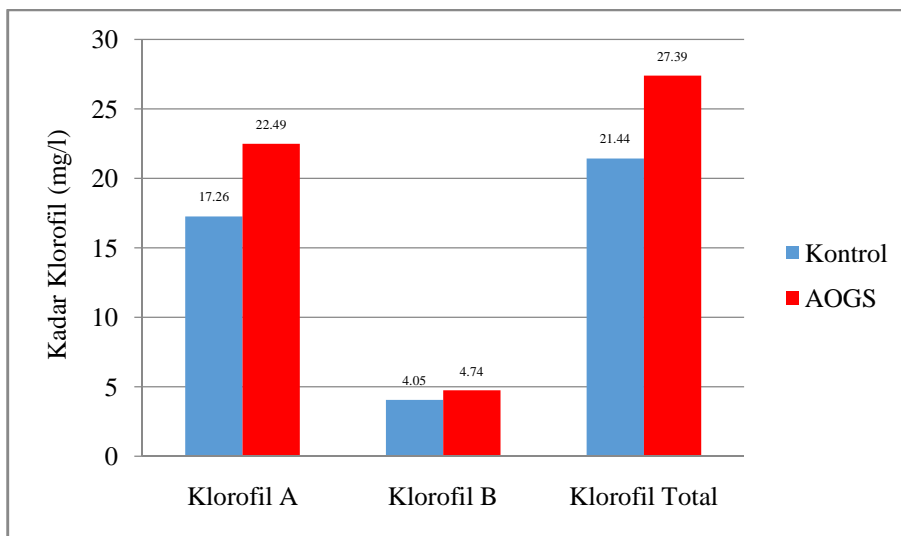
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Rata-rata Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



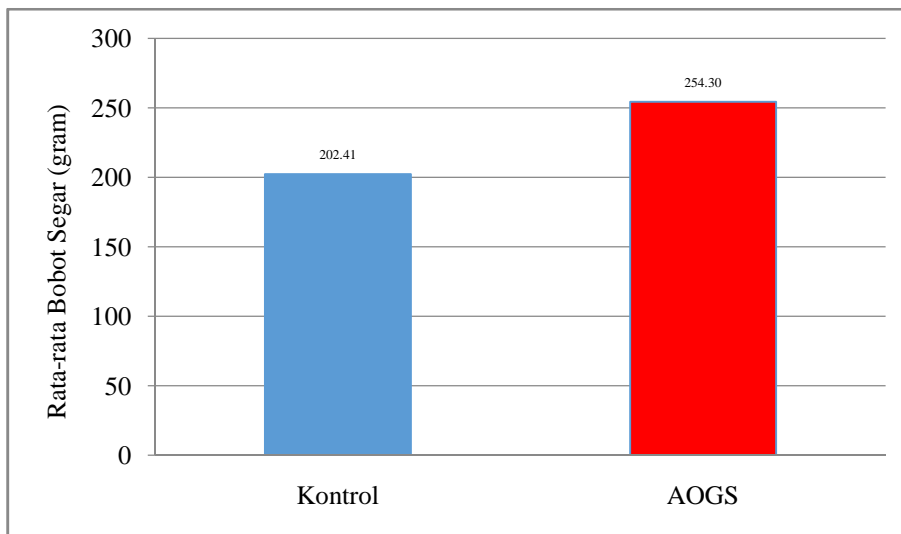
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Rata-rata Luas Daun Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



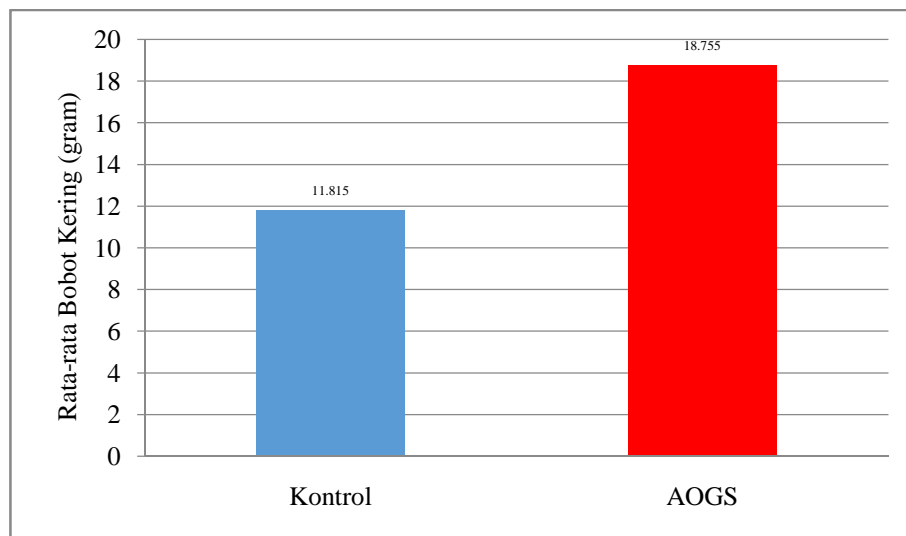
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Rata-rata Lebar Stomata Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



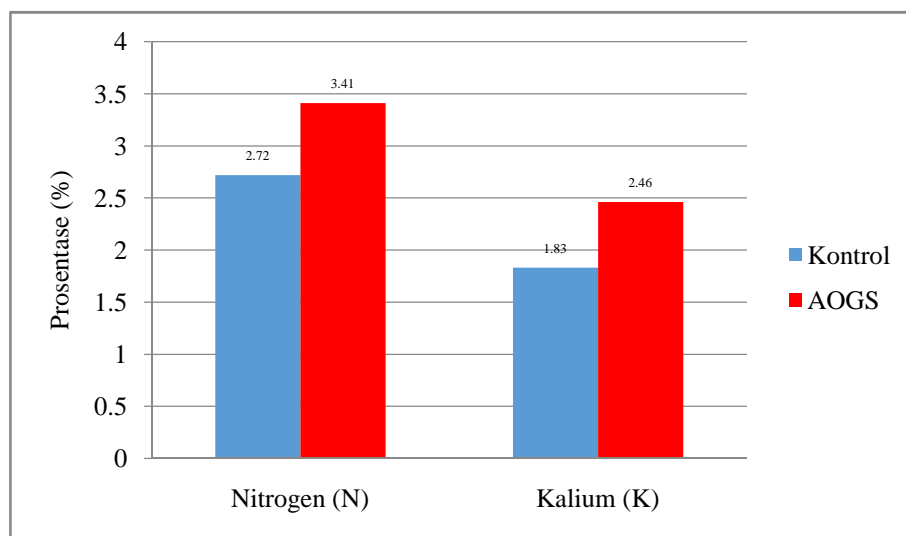
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Rata-rata Klorofil Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Segar Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Rata-rata Bobot Kering Tanaman Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan Perlakuan AOGS,



Gambar 4.15 Hasil Uji Laboratorium Prosentase Kandungan Nitrogen (N) dan Kalium (K) pada Daun Sawi Pakcoy Antara Perlakuan Kontrol dengan AOGS.

Parameter pertumbuhan yang diamati dalam penelitian ini adalah tinggi tanaman, luas daun, lebar pembukaan stomata, kandungan klorofil, bobot segar, bobot kering dan kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) pada daun. Data-data dari parameter tersebut mempunyai keterkaitan antara parameter data yang satu dengan data yang lain. Data akan merepresentasikan tentang pengaruh

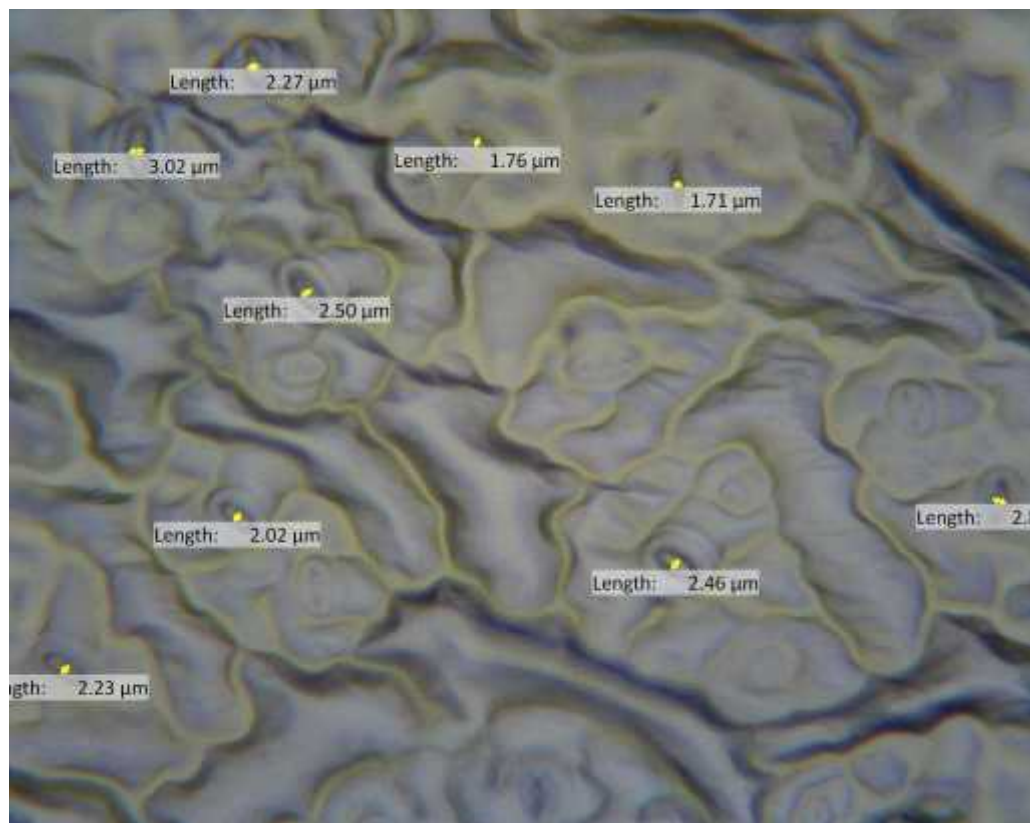
penggunaan gelombang akustik pada tanaman, hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan data antara perlakuan alat (AOGS) dengan perlakuan tanpa menggunakan alat (kontrol).

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang paling sering dan mudah diamati, baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter perlakuan yang diterapkan. Data tinggi tanaman yang telah didapatkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 119. Grafik rata-rata perubahan tinggi tanaman hasil penelitian yang didapat terlihat pada Gambar 4.9. Data diambil sebanyak 6 kali setiap seminggu sekali secara berturut-turut. Minggu pertama terlihat tinggi tanaman antara perlakuan kontrol dengan AOGS tidak berbeda jauh, hanya selisih sedikit lebih tinggi ketika menggunakan perlakuan AOGS. Minggu kedua dan ketiga terlihat tinggi tanaman perlakuan AOGS meningkat lebih tinggi dari pada perlakuan kontrol, namun pada minggu keempat perlakuan kontrol terjadi peningkatan yang lebih tinggi dari pada minggu sebelumnya. Minggu kelima dan enam perlakuan AOGS memiliki hasil peningkatan tinggi yang lebih banyak dari pada minggu sebelumnya. Ketika data tinggi sawi pakcoy antara perlakuan kontrol dengan perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data tinggi tanaman yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 22,6632 cm, dan perlakuan AOGS sebanyak 25,0347 cm. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan tinggi tanaman sebanyak 10,464 %.

Pengukuran luas daun merupakan salah satu parameter morfologi yang umum digunakan untuk menentukan baik tidaknya pertumbuhan suatu tanaman. Data luas daun yang telah didapatkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 121. Grafik data hasil luas daun yang didapat terlihat seperti pada Gambar 4.10. Data diambil sebanyak 4 kali setiap seminggu sekali secara berturut-turut. Minggu pertama terlihat rata-rata luas daun antara perlakuan kontrol dengan AOGS hampir sama, minggu kedua sampai keempat pada perlakuan AOGS mengalami peningkatan luas daun yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Ketika data luas daun sawi pakcoy antara perlakuan kontrol dengan perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data luas daun yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 61,56464

cm², dan perlakuan AOGS sebanyak 80,59103 cm². Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan luas daun sebanyak 30,9047 %.

Gambar 4.11 merupakan grafik hasil perhitungan rata-rata lebar pembukaan stomata perlakuan kontrol dan perlakuan AOGS, terlihat bahwasanya perlakuan AOGS memiliki rata-rata lebar pembukaan stomata lebih besar dari pada perlakuan kontrol. Gambar 4.16 dan 4.17 merupakan sampel bentuk tampilan penampang stomata yang telah didapatkan dari hasil pengambilan data dari perlakuan kontrol dan AOGS,



Gambar 4.16 Sampel Hasil Tampilan Penampang Bentuk Stomata pada Pengambilan Data Perlakuan Kontrol,



Gambar 4.17 Sampel Hasil Tampilan Penampang Bentuk Stomata pada Pengambilan Data Perlakuan AOGS.

Data lebar pembukaan stomata yang telah didapatkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 126. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan variasi jarak tanaman dengan sumber gelombang akustik dari AOGS, variasi jarak yang digunakan 60 cm, 90 cm dan 120 cm. Hasil data yang telah didapatkan ternyata rata-rata lebar pembukaan stomata dengan variasi jarak dapat dikatakan hampir sama, data rata-rata terbesar pembukaan stomata sebesar $3.282512 \mu\text{m}$ dan rata-rata terkecil sebesar $3.163192 \mu\text{m}$, hal ini menunjukkan perbedaan selisih yang sangat kecil, jadi dengan hasil pengambilan data menggunakan variasi jarak dari sumber gelombang akustik, maka area penelitian yang telah dilakukan masih terpengaruh terhadap stimulus alat. Ketika data lebar pembukaan pada daun sawi pakcoy antara perlakuan kontrol dengan perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data pembukaan lebar stomata yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak $2,254 \mu\text{m}$, dan

perlakuan AOGS sebanyak 3,247 μm . Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan lebar stomata sebanyak 14,49 %. Jika dilihat dari jumlah stomata yang membuka, maka rata-rata pada perlakuan kontrol sebanyak 9 stomata per dimensi daun $250 \times 250 \mu\text{m}$, dan perlakuan AOGS rata-rata sebanyak 11 stomata per dimensi daun $250 \times 250 \mu\text{m}$. Hal ini menunjukkan bahwasanya pembukaan stomata menggunakan AOGS akan membuka lebih banyak dari pada tanpa menggunakan stimulus alat. Jika stomata membuka lebih lebar dan jumlah yang membuka lebih banyak maka penyerapan unsur hara dan zat-zat lain yang melewati celah stomata menjadi akan lebih banyak. Stomata yang membuka menyebabkan gas oksigen terdifusi keluar dan gas karbondioksida masuk ke dalam sel sebagai bahan untuk melakukan proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari. Hal ini mengakibatkan peningkatan laju fotosintesis yang akan berpengaruh terhadap proses respirasi, karena bahan utama proses respirasi adalah karbohidrat yang dihasilkan oleh proses fotosintesis.

Gambar 4.12 merupakan hasil data perhitungan rata-rata klorofil A, klorofil B, dan klorofil total perlakuan AOGS memiliki nilai lebih besar dari pada perlakuan kontrol. Data yang telah didapatkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 130. Ketika data kadar klorofil antara perlakuan kontrol dengan perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data klorofil A yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 17,26401 mg/l, dan perlakuan AOGS sebanyak 22,4853 mg/l. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan kadar klorofil A sebanyak 30,2438 %. Rata-rata data klorofil B yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 4,045033 mg/l, dan perlakuan AOGS sebanyak 4,7355 mg/l. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan kadar klorofil B sebanyak 17,0695 %. Rata-rata data klorofil Total yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 21,4363 mg/l, dan perlakuan AOGS sebanyak 27,3865 mg/l. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan kadar klorofil total sebanyak 27,7576 %.

Pertumbuhan tanaman adalah bertambahnya ukuran, bobot dan jumlah sel. Ciri pertumbuhan dapat diukur melalui pengukuran pertambahan bobot.

Gambar 4.13 merupakan grafik rata-rata perbandingan nilai bobot segar dan Gambar 4.14 merupakan grafik rata-rata perbandingan bobot kering sawi pakcoy antara perlakuan kontrol dan AOGS. Data bobot panen yang telah didapatkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 126. Data yang didapat menunjukkan bahwasanya hasil rata-rata bobot segar perlakuan AOGS lebih besar dari pada perlakuan kontrol. Ketika data bobot sawi pakcoy antara perlakuan kontrol dengan perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data bobot segar yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 202,405 gram, dan perlakuan AOGS sebanyak 254,295 gram. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan bobot segar sebanyak 25,6367 %. Rata-rata data bobot kering yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 11,815 gram, dan perlakuan AOGS sebanyak 18,755 gram. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan bobot kering sebanyak 58,7389 %.

Bobot perbandingan antara perlakuan kontrol dengan penggunaan AOGS terjadi perbedaan selisih antara bobot sebelum dengan sesudah dikeringkan, hal ini menandakan bahwasanya kandungan air pada hasil panen tanaman perlakuan AOGS lebih sedikit dari pada perlakuan kontrol, hal ini dimungkinkan pada sawi pakcoy kelompok perlakuan AOGS mengalami penguapan yang lebih besar dari pada penguapan perlakuan kontrol. Hal ini sejalan dengan data yang diperoleh pada lebar pembukaan stomata, jadi semakin lebar pembukaan stomata maka semakin besar pula terjadinya proses sirkulasi zat-zat yang digunakan dalam fotosintesis, hal ini sejalan dengan proses kimia pada proses fotosintesis seperti pada Persamaan 2.2, dengan menggunakan bahan $CO_2 + H_2O$ dan cahaya matahari maka akan dihasilkan bahan organik yang digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman, CO_2 dan O_2 didapat dari sirkulasi melewati celah lebar pembukaan stomata, efeknya adalah terjadinya pertumbuhan tanaman yang lebih cepat dari pada pertumbuhan tanpa stimulus alat.

Data prosentase kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) pada daun sawi pakcoy yang telah didapat terlihat pada Gambar 4.15. Grafik menunjukkan bahwasanya kandungan nilai nitrogen (N) dan kalium (K) dengan perlakuan AOGS lebih tinggi dari pada perlakuan kontrol. Ketika data kontrol dengan

perlakuan AOGS dilakukan perhitungan rata-rata maka hasil rata-rata data nitrogen (N) yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 2,72 %, dan perlakuan AOGS sebanyak 3,41 %. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan kandungan nitrogen (N) sebanyak 25,3676 %. Rata-rata data kalium (K) yang telah didapat pada perlakuan kontrol sebanyak 1,83 %, dan perlakuan AOGS sebanyak 2,46 %. Jika dilakukan perbandingan kedua perlakuan maka perlakuan AOGS dapat meningkatkan kandungan kalium (K) sebanyak 34,4262 %. Hal ini membuktikan bahwasanya penyerapan pupuk daun yang telah dilakukan pada penelitian, kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) terserap lebih intensif pada perlakuan AOGS dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini juga sejalan dengan data yang telah didapat pada pembukaan lebar stomata, jadi semakin lebar pembukaan stomata serta semakin banyaknya jumlah stomata yang telah membuka, maka pupuk yang melewati daun akan lebih intensif yang masuk ke dalam tumbuhan.

Data yang telah didapatkan pada penelitian dapat dikatakan bahwasanya penggunaan AOGS ternyata mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, data memiliki keterkaitan satu sama lain. Dengan menggunakan stimulus gelombang akustik dari AOGS, maka dapat memperbesar celah pembukaan stomata, hal ini mampu memperbesar proses masuknya pupuk yang melewati stomata. Maka kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) dapat lebih terpenuhi dari pada perlakuan kontrol, efeknya adalah proses pertumbuhan pada tumbuhan akan lebih baik dari pada tumbuhan yang kekurangan zat-zat yang dibutuhkan tanaman. Serta apabila celah stomata membuka lebih lebar maka proses fotosintesis pada tanaman akan lebih banyak menghasilkan zat hasil fotosintesis yang dibutuhkan dalam kehidupan tanaman. Dampaknya adalah tanaman akan tumbuh lebih baik, maka bobot dan tinggi tanaman akan semakin besar dari pada tanaman yang kurang baik dalam fotosintesis, kemudian dampak lain dari besar proses fotosintesis dapat meningkatkan hasil kadar prosentase klorofil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Gelombang akustik yang digunakan dalam stimulus tanaman ternyata berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, hasil uji yang dilakukan dengan menggunakan variasi bentuk gelombang sinus, kotak dan segitiga, serta besar frekuensi dan intensitas suara memiliki pengaruh yang berbeda-beda pada tanaman. Besar suhu dan kelembaban pada sekitar tanaman juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman ketika stimulus gelombang akustik dilakukan.

Hasil uji coba menunjukkan bahwasanya gelombang akustik dengan bentuk gelombang kotak, dengan frekuensi 2000 Hz, memiliki pengaruh lebih baik dari pada perlakuan variasi uji coba yang lain dalam penelitian dan perlakuan kontrol. AOGS dibuat dengan menggunakan gelombang akustik berbentuk kotak dengan frekuensi 2000 Hz. Besar intensitas suara yang dihasilkan AOGS tergantung pada aturan-aturan algoritma fuzzy, dengan masukan fuzzy berupa suhu dan kelembaban, output berupa gelombang akustik dengan rentang antara 80, 90 dan 100 dB.

Uji coba AOGS menggunakan tanaman sawi pakcoy, didapatkan bahwasanya perlakuan alat mampu meningkatkan rata-rata tinggi tanaman sebesar 10,40 %, meningkatkan luas daun sebesar 30,90 %, meningkatkan pembukaan stomata sebesar 14,49 %, meningkatkan kandungan klorofil sebesar 27,70 %, meningkatkan penyerapan kandungan nitrogen (N) sebesar 25,36 % dan meningkatkan penyerapan kalium (K) sebesar 34,42 %, serta mampu meningkatkan hasil bobot panen yang lebih besar dibandingkan perlakuan kontrol, yaitu bobot segar sebesar 25,60 % dan bobot kering 58,70 %.

Data yang didapatkan memiliki keterkaitan yang erat satu sama lain, secara keseluruhan dapat dikatakan bahwasanya semakin lebar pembukaan celah stomata dan semakin banyak stomata yang membuka, maka kandungan-kandungan zat yang dibutuhkan oleh tanaman (khususnya yang melewati celah

stomata) untuk proses fotosintesis tanaman akan lebih terpenuhi, efeknya tanaman akan tumbuh lebih baik.

Proses pembukaan atau menutupnya celah stomata merupakan sifat adaptasi alami pada tumbuhan, sebagai proses mempertahankan kehidupannya. Stomata dapat terbuka karena faktor-faktor tertentu, misalnya terdapat suhu, kelembaban, dan cahaya yang sesuai dengan kebutuhan dalam proses fotosintesis. Kebutuhan faktor suhu dan cahaya merupakan hal yang penting, namun tanaman tidak membutuhkan dalam jumlah yang sangat berlebih. Jika terdapat suhu dan cahaya (terkadang suhu dan cahaya berbanding lurus, semakin banyak energi cahaya maka semakin banyak pula suhu yang tercipta) yang berlebih membuat tanaman harus melakukan proses adaptasi, yaitu melakukan proses penutupan celah stomata. Hal ini berhubungan dengan proses transpirasi pada tanaman (khususnya transpirasi yang melewati celah stomata), jika transpirasi tanaman berlebih sebagai adanya faktor suhu yang terlalu banyak maka tanaman dapat mengalami kekeringan, dampaknya adalah kematian. Proses adaptasi tersebut berkaitan dengan sumber cadangan energi yang terdapat pada tanaman sendiri dan energi yang terdapat di alam (faktor luar), jadi secara tidak langsung apabila energi dari luar yang dibutuhkan tanaman untuk proses metabolisme (khususnya fotosintesis) terlalu besar maka tanaman akan melakukan adaptasi untuk mengurangi proses tersebut, hal ini berkaitan dengan jumlah bahan baku fotosintesis yang terdapat pada tanaman, yaitu sebagai upaya untuk menghindari adanya kekurangan cadangan energi di dalam tanaman.

Gelombang akustik merupakan suatu energi yang tercipta dari proses mekanik tekanan udara. Penggunaan gelombang akustik untuk stimulus pertumbuhan tanaman harus memperhitungkan simpanan energi yang dimiliki tanaman, karena pada sifat alaminya pada kehidupan tanaman telah memiliki energi yang tersupply dari alam, jadi energi akustik merupakan energi tambahan sebagai upaya untuk menambah supply energi. Jadi penggunaan AOGS harus memperhitungkan faktor-faktor internal dan eksternal yang dapat mempengaruhi proses fotosintesis (khususnya), yang sebagian bahan proses fotosintesis tersupply dari celah pembukaan stomata, hal tersebut sebagai upaya untuk tidak merusak sifat alami tanaman dalam melakukan upaya mempertahankan hidup.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki banyak kekurangan, misalnya masih menggunakan beberapa variasi bentuk gelombang dan intensitas suara dalam jumlah yang relatif sedikit, mungkin perlunya dilakukan penelitian dengan menggunakan beberapa variasi parameter yang lebih luas, supaya penggunaan alat mampu lebih intensif dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara positif. Alat kurang cocok ketika digunakan pada daerah yang dekat dengan pemukiman warga, karena bagi manusia terdengar agak bising ketika digunakan, maka perlunya solusi agar alat lebih bisa diterima pada pendengaran manusia. Uji coba alat mungkin dapat dilakukan dengan menggunakan variasi jenis-jenis tanaman lain selain tanaman sawi pakcoy, dengan tanaman produktif yang mempunyai nilai jual lebih tinggi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Sumiya, W., Syehfani., Dyah, R., dan Setiawan, A. (2014), “Kajian Pertumbuhan, Kandungan Klorofil dan Hasil Beberapa Genotip Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) pada Kondisi Salinitas”, Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, ISBN: 979-587-529-9.
- Anilizawatima, Noor. dan Lidawani. (2013), “*Effect of Various Rhythms on In Vitro Seed Germination of Several Orchid Species*,” Faculty of Pharmacy Universiti Teknologi Mara (UiTM), Puncak Alam, Selangor, Malaysia.
- Bendicho, C. dan Lavilla, I. (2000), *Ultrasound Extractions*, Quo & mica, Spain.
- Cai, H. He., Zhu, S., dan Wang, N. (2014), “Biological Effect of Audible Sound Control on Mung Bean (*Vigna radiate*) Sprout,” *Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International*, Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, China.
- Campbell, N. (1999), *Biologi jilid I*, Edisi V, Erlangga, Jakarta.
- Campbell, N. dan Reece, J. B. (2002), *Biology*, 6th edition, Pearson Education Inc, USA.
- Chivukula, Vidya. dan Ramaswamy, Shivaraman. (2014), “Effect of Different Types of Music on Rosa Chinensis Plants,” *India International Journal of Environmental Science and Development*, Osmania University, Hyderabad, Vol. 5, No. 5, Hal. 431-434.
- Croxdale, Judith. (2001), *Stomata*, Encyclopedia of Live Science, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, Hal. 1-5.
- Dwidjoseputro. (1989), *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, Gramedia, Jakarta.
- Fageria, N. K., Filho, M. P. B., dan Costa, J. H. C. Da. (2001), “Potassium Use Efficiency in Common Bean Genotype,” *Journal Plant Nutrition*, National Rice and Bean Research Center of Embrapa, Brazil, Vol. 24, No. 12, Hal. 1937-1945.
- Fan, R., Zhou, Q., dan Zhao, D. (2010), “Effect on Changes of Chlorophyll Fluorescence in Cucumber by Application of Sound Frequency Control

- Technology,” *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, No. 19, Hal. 194-197.
- Fatonah, Siti., Asih, Dwijowati., Mulyanti, Desi., dan Iriani, Dyah. (2013), “Penentuan Waktu Pembukaan Stomata pada Gulma *Melastoma malabathricum* L. di Perkebunan Gambir Kampar, Riau,” *Biospecies*, Vol. 6 No. 2, Hal. 15-22.
- Gagliano, M., Stefano, M., dan Daniel, R. (2012), “Towards Understanding Plant Bioacoustics,” *Trends in Plant Science*, Centre for Evolutionary Biology, School of Animal Biology, University of Western Australia, Crawley, Australia, Vol. 17, No. 6, Hal. 323-325.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., dan Mitchell, R. L. (1991), *Fisiologi Tanaman Budidaya*, UI Press, Jakarta.
- Gunarno. (2014), *Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Luas Daun dan Jumlah Stomata Daun Rhoe Discolor*, Balai Diklat Keuangan Medan, Medan.
- Haryanti, Sri. dan Meirina, Tetrinica. (2009), “Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai (*Glycine max* (L) merril) pada Pagi Hari dan Sore” *BIOMA*, Vol. 11, No. 1, Hal. 11-16, ISSN: 1410-8801.
- Hassanein, Reda., Tian-zhen, H. E., Hou, Li Yu-feng., dan Bao-ming, LI. (2013), “Advances in Effects of Sound Waves on Plants,” *Journal of Integrative Agriculture*, ScienceDirect, Elsevier, College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing, China.
- Havlin, J. L., Samuel T. L., James DB., dan Werner, Ln. (1999), *Soil Fertility and Fertilizers, An Introduction to Nutrient Management*, 6th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hermanto, Hendro. (2013), *Perekayasaan Sistem Audio*, Kementrian dan Kebudayaan, Jakarta.
- Hopkins, W.G. (2004), *Introduction to Plant Physiology*. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Hou, T. Z. and Mooneyham, R. E. (1999), “Applied Studies of The Plant Meridian System: II. Agri-Wave Technology Increases The Yield and Quality of Spinach and Lettuce and Enhances The Disease Resistant

- Properties of Spinach,” *The American Journal of Chinese Medicine*, No. 27, Hal. 131-141.
- Hou, T. Z., Li, B. M., Teng, G. H., Zhao, Q., Xiao, Y., and Qi, L. R. (2009), “Application of Acoustic Frequency Technology to Protected Vegetable Production,” *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, No. 25, Hal. 156-159.
- Hou, T. Z., Li, B. M., Wang, W., Teng, G. H., Zhou, Q., Qi, L. R., dan li, Y. F. (2010a), “Influence of Acoustic Frequency Technology on Cotton Production,” *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, No. 26, Hal. 170-174.
- Hou, T. Z., Li, B. M., Teng, G. H., Qi, L. R., dan Hou, K. (2010b), “Research and Application Progress of Plant Acoustic Frequency Technology,” *Journal of China Agricultural University*, Vol. 1, No. 15, Hal. 106-110.
- Huang, J., dan Jiang, S. (2011), “Effect of Six Different Acoustic Frequencies on Growth of Cowpea (*Vigna Unguiculata*) During Its Seedling Stage,” *Agricultural Science and Technology*, No. 12, Hal. 847-851.
- Jara-Rojas, F. (2009), “Model Validation for Estimating the Leaf Stomatal Conductance in Cabernet Sauvignon Grapevines,” *Chilean J. Agric. Res*, Vol. 69, No. 1, Hal. 88-96.
- Jiang, S., Huang, J., Han, X. H., dan Zeng, X. L. (2011), “Influence of Audio Frequency Mixing of Music and Cricket Voice on Growth of Edible Mushrooms,” *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, No. 27, Hal. 300-305.
- Jiang, S., Rao, H., Chen, Z., Liang, M., dan Li, L. (2012), “Effects of Sonic Waves at Different Frequencies on Propagation of *Chlorella pyrenoidosa*,” *Agricultural Science and Technology*, No. 13, Hal. 2197-2201.
- Jose, P. L. F. dan Rosy, M. S. (2004), “Comparative Stomatal Conductance and Chlorophyll a Fluorescence in Leaves vs. Fruit of the Cerrado Legume Tree, *Dalbergia miscolobium*,” *Braz. J. Plant Physiol*, Vol. 16, No. 2, Hal. 89-93.
- Kaufman, Jerry. dan Bailkey, Martin. (2000), *Farming Inside Cities: Entrepreneurial Urban Agriculture in the United States*. Lincoln Institute Product Code: WP00JK1.

- Leitmann, Josep. (1999), *Sustaining Cities: Environmental Planning and Management in Urban Design*, Mc Graw Hill, USA.
- Losada, H., Martinez, H., Vieyra, J., Pealing, R., Zavala, R., dan Cortes, J. (1998), "Urban Agriculture In The Metropolitan Zone of Mexico City: Changes Over Time In Urban, Suburban And Peri-Urban Areas," *Environment and Urbanization*, Vol. 10, No. 2, Hal. 37-54.
- Loveless, P. R. (1991), *Principles of Biology Plants in Tropical Area*, Mac Millan Publishing Inc, New York.
- Meng, Q. W., Zhou, Q., Zheng, S. J., dan Gao, Y. (2012a), "Effects Of Plant Acoustic Frequency Technology on The Growth Traits, Chlorophyll Content and Endogenous Hormones of *Lycopersicon Esculentum*," *Hubei Agricultural Sciences*, No. 51, Hal. 1591-1594.
- Meng, Q. W., Zhou, Q., Zheng, S. J., dan Gao, Y. (2012b), "Responses on Photosynthesis and Variable Chlorophyll Fluorescence of *Fragaria Ananassa* Under Sound Wave," *Energy prorcedia*, No. 16, Hal. 346-352.
- Mooney, H. A., Field, C., Vasques, Y. C., dan Chu, C. (1983), "Environmental Control on Stomatal Conductance in a Shrub of the Humid Tropics," *Proc. Natl. Acad. Sci, USA*, No. 80, Hal. 1295-1297.
- Mulyadi. (2005), "Pengaruh Teknologi Pemupukan Bersama Gelombang Suara (*sonic bloom*) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Semai *Acacia Mangium Willd*," *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, Vol.11, No. 1, Hal. 67-75.
- Pitojo, Setijo. (2003), *Benih Cabai*, Kanisius, Yogyakarta.
- Prasetyo, Joko. (2014), *Efek Paparan Bunyi Dengan Variasi Jenis dan Pressure Level Terhadap Pertumbuhan dan Produktifitas Sawi Hijau (*Brassica juncea L*)*, Magister, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Price, A. dan Courtois, B. (1991), *Mapping QTLs Associated with Drought Resistance in Rice; Progress Problem and Prospect*, Los Banos: International Rice Research Institute.
- Prihmantoro, H. (1999), *Memupuk Tanaman Buah*, Penebar Swadaya, Jakarta.

- Pugnaire, F.I., Serrano, L., dan Pardos, J. (1999), *Constraints by Water Stress on Plant Growth*. M. Passarakli (Ed) Handbook of Plant and Crop Stress. New York: John Wiley & Sons.
- Pujiwati, Istirochah. dan Djuhari. (2014), "The Pattern of Stomatal Opening Through the Exposure of High-Frequency Sound Wave with the Different Duration and Age of Soybeans (*Glycine max (L.) Merrill*)," *Agricultural Science*, Published by Science and Education Centre of North America Agrotechnology Department of Faculty Agriculture, Vol. 2, No. 2, Hal 69-77.
- Qi, L. R., Teng, G. H., Hou, T. Z., Zhu, B. Y., and Liu, X. (2010), "Influence of Sound Wave Stimulation on The Growth of Strawberry in Sunlight Greenhouse," *IFIP International Federation for Information Processing AICT*, No. 317, Hal. 449-454.
- Reddy, K. G., Geetha, V., dan Ragavan, Rakesh. 2013. "A New Protein Supplement in Plants," *Indian J. L. Sci*, Vol. 3, No. 1, Hal. 97-103.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. (1995), *Fisiologi Tumbuhan jilid 2*, Terjemahan dari *Plant Physiology 4th Edition*, Bandung, ITB.
- Saruhan, N., Saglam, A., dan Kadioglu, A. (2012), "Salicylic Acid Pretreatment Induces Drought Tolerance and Delays Leaf Rolling by Inducing Antioxidant Systems in Maize Genotypes," *Acta Physiol Plant*, Springer, No. 34, Hal. 97–106.
- Schluter, U., Muschak, M., Berger, D., dan Altman, T. (2003), "Photosynthetic Performance of an Arabidopsis Mutant with Elevated Stomatal Density (sdd1-1) Under Different Light Regimes," *Journal of Experimental Botany*, Max-Planck-Institute of Molecular Plant Physiology, Jerman, Vol. 54, No. 383, Hal. 867-874.
- Sharma, Deepti., Gupta, Urvi., Fernandes, A. J., Mankad, Archana., dan Solanki, H. A. (2015), "The effect of music on physico chemical parameters of selected plants," *International journal of plant, animal and enviromental sciences*, Vol 5, No. 1, Hal. 282-287.

- Singh, Aditi., Jalan, Akanksha., dan Chatterjee, Jhinuk. (2013), "Effect of Sound on Plant Growth," *Asian Journal of Plant Science and Research*, Vol. 3, No. 4, Hal. 28-30.
- Singh, K. P., Malik, R. S., dan Malik, D. S. (1983), "Diurnal Variation in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) MILLSP) Cultivars as Affected by Irrigation Levels," *Biologia Plantarum*, Vol. 25, No. 1, Hal. 1-4.
- Sitompul, S. M. dan Guritno, B. (1995), *Analisis Pertumbuhan Tanaman*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suswono. (2012), *Penyediaan Lahan Pertanian*, Menteri Republik Indonesia, Kementerian Pertanian.
- Taiz, L. dan Zeiger, E. (2002), *Plant Physiology*, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Tipler, P. A. (1991), *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Edisi ke-3, Erlangga, Jakarta.
- Uchiani, F. dan Ani, Susi Wuri. (2012), "Tren Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Klaten," *SEPA*, Vol. 8, No. 2, Hal. 51-182.
- Vanol, Devendra. dan Vaidya, Rajiv. (2014), "Effect of Types of Sound (Music and Noise) and Varying Frequency on Growth of Guar or Cluster Bean (*Cyamopsis Tetragonoloba*) Seed Germination and Growth of Plants," *Ashok & Rita Patel Institute of Integrated Study & Research in Biotechnology and Allied Sciences (ARIBAS)*, New Vallabh Vidyanagar 388121, Anand, Gujarat, India.
- Wang, B. C., Chen, X., Wang, Z., Fu, Q. Z., Zhou, H., dan Ran, L. (2003), "Biological Effect of Sound Field Stimulation on Paddy Rice Seeds," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, ELSEVIER, Bioengineering College, Chongqing University, Chongqing, China, Vol. 32, No. 1, Hal. 29-34.
- Wang, X. J., Wang, B. C., Jia, Y., Huo, D. Q., dan Duan, Chuanren. (2002), "Effect of Sound Stimulation on Cell Cycle of Chrysanthemum (*Gerbera Jamesonii*)," *Science Direct*, ELSEVIER, Bioengineering College, Chongqing University, Chongqing, Republic of China, Vol. 29, No. 2. Hal. 103-107.

- Yu, S., Jiang, S., Zhu, L., Zhang, J. dan Jin, Q. (2013), "Effects of Acoustic Frequency Technology on Rice Growth, Yield and Quality," *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, No. 29, Hal. 145-146.
- Yulianto. (2006), "Sonic Bloom Sebagai Alternatif Teknologi Terobosan untuk Meningkatkan Produktivitas Padi," *Jurnal Agroland*, Vol. 8, No. 2, Hal. 87-89.
- Zhang, J. (2012), "Application Progress of Plant Audio Controltechnology in Modern Agriculture," *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, No. 53, Hal. 80-81, China.
- Zhou, Q., Qu, Y. H., Li, B. M., Hou, T. Z., Zhu, B. Y., dan Wang, D. (2010), "Effects of Sound Frequency Treatment on Plant Characters and Chlorophyll Fluorescence of The Strawberry Leaf," *Journal of China Agricultural University*, No. 15, Hal. 111-115.
- Zhu, J. R., Jiang, S. R., dan Shen, L. Q. (2011) "Effects of Music Acoustic Frequency on Indoleacetic Acid in Plants," *Agricultural Science and Technology*, No. 12, Hal. 1749-1752.

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Fahmi Huda Zakariya, dilahirkan di Blitar, 12 pebruari 1991. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan H. Hadi Ma'ruf dan Hj. Suci Hidayati. Penulis memulai pendidikan di Madrasah Ibtidaiyyah Roudhotut Tholibin Tawangrejo, kecamatan Garum kabupaten Blitar pada tahun 1997-2003, kemudian melanjutkan pendidikan di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Negeri kota Blitar pada tahun 2003-2006. Selanjutnya penulis melanjutkan di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Kota Blitar pada tahun 2006-2009. Setelah itu penulis menempuh pendidikan tinggi pada Program Sarjana di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2009 dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2014. Setelah menyelesaikan pendidikan tahap sarjana, penulis menempuh pendidikan di Program Magister Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang keahlian Teknik Elektronika pada tahun 2014.

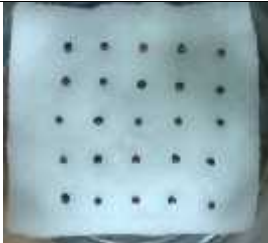
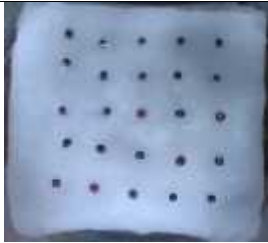
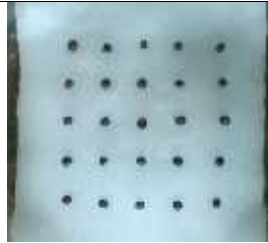









e-mail : fahmirastaman@gmail.com

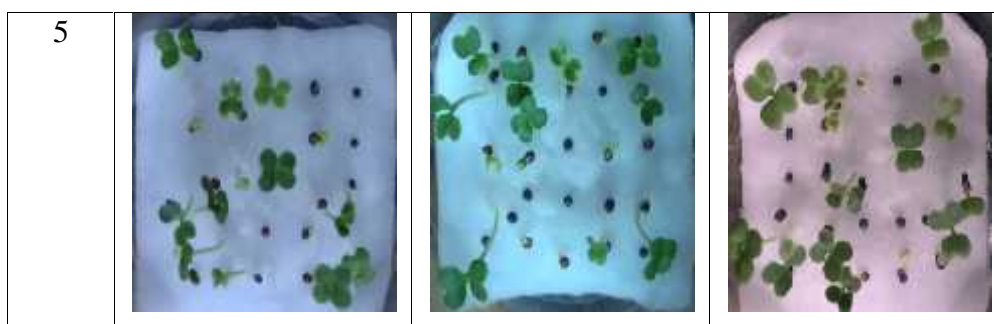
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1

Tabel 1 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan kontrol

24 jam ke	Pengulangan Ke		
	1	2	3
1			
2			
3			
4			



Lampiran 2

Tabel 2 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan kontrol

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	Pengulangan Ke		
	1	2	3
1	16,58	14,18	16,54
2	16,30	20,34	22,92
3	14,34	21,02	25,12
4	17,80	16,22	20,72
5	20,64	13,84	21,38
6	20,18	7,28	18,94
7	16,68	10,12	14,16
8	9,22	7,06	14,18
9	13,56	11,28	19,52
10	12,86	18,40	12,18
11	17,92	14,14	7,54
12	16,20	10,48	11,18
13	11,40	12,72	13,76
14	12,98	11,94	11,26
15	5,40	14,02	16,78
16	8,42	12,22	13,36
17		5,20	
Jumlah	230,48	220,46	259,54
Rata-rata	14,405	12,96824	16,22125

Lampiran 3

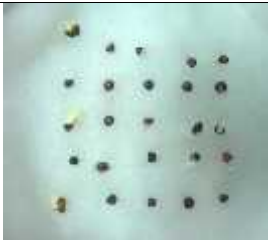











Tabel 3 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan kontrol

Pengulangan Ke	Bobot segar (mg)	Rata-rata (mg)
1	0,2260	0,014125
2	0,2164	0,012729

3	0,2723	0,017019
---	--------	----------

Lampiran 4

Tabel 4 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 5

Tabel 5 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	22,22	20,3	24,72
2	21,72	18,12	16,22
3	10,18	18,72	20,86
4	22,88	16,24	18,28
5	24,22	11,32	25,32
6	20,58	20,24	17,22
7	20,12	19,62	13,42
8	18,7	11,22	22,32
9	21,18	21,34	14,42
10	14,52	18,22	18,66
11	17,42	16,52	20,42
12	25,72	18,82	16,72
13	18,28	18,42	18,12
14	27,82		17,28
15	11,22		20,12
16	10,12		19,22
17	9,7		19,32
18	17,62		17,32
19	18,72		
20	19,12		
21	8,42		
Jumlah	380,48	191,86	339,96
Rata-rata	18,1181	17,62308	18,88667













Lampiran 6

Tabel 6 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,294	0,2204	0,312
Rata-rata	0,014	0,016954	0,017333

Lampiran 7

Tabel 7 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 8

Tabel 8 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	14,32	13,42	17,38
2	17,52	17,68	14,78
3	20,78	19,92	20,42
4	24,48	12,34	17,38
5	19,72	8,98	28,32
6	18,52	24,88	28,3
7	15,88	24,38	18,92
8	15,52	18,72	14,94
9	16,86	16,96	19,78
10	19,54	26,32	23,92
11	11,52	33,72	16,9
12	8,44	18,32	13,82
13	18,42	15,96	15,52
14	15,52	19,32	16,32
15	12,12	7,52	15,62
16	17,22		17,82
17	14,42		16,42
18	16,32		21,72
19	19,52		20,18
20	14,38		21,62
21	20,18		19,78
22	17,32		
23	16,88		
Jumlah	336,88	278,44	399,86
Rata-rata	16,75091	18,56267	19,04095


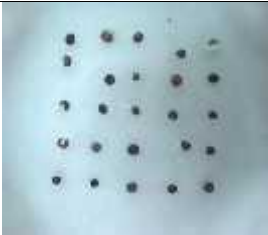







Lampiran 9

Tabel 9 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,388	0,2398	0,4445
Rata-rata	0,01687	0,017129	0,021167

Lampiran 10

Tabel 10 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			



Lampiran 11

Tabel 11 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	19,32	21,08	16,88
2	20,28	14,52	27,48
3	23,84	18,18	20,12
4	16,72	26,32	17,92
5	25,32	24,16	20,88
6	24,32	30,04	18,46
7	27,6	21,42	23,38
8	15,94	19,14	26,82
9	23,72	25,92	28,12
10	19,92	19,32	20,52
11	18,72	14,94	16,12
12	14,22	11,14	18,32
13	9,32	13,18	14,22
14	17,52	10,28	20,78
15	14,42	19,12	16,23
16	8,52	18,32	19,42
17	19,18		
18	10,68		
19	13,08		
20	11,92		

21	13,38		
22	28,32		
23	12,32		
24	12,24		
25	5,22		
Jumlah	426,04	18,65882	325,67
Rata-rata	17,0416	18,32	20,35438







Lampiran 12

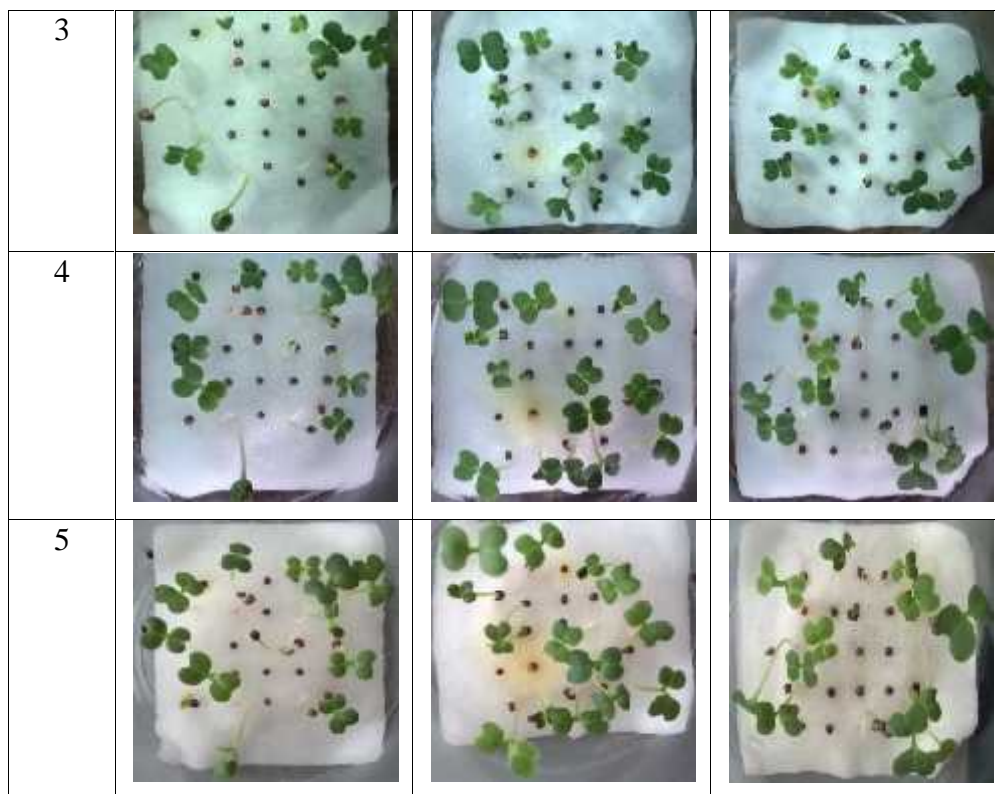
Tabel 12 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 1000 Hz pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,57	0,3792	0,328
Rata-rata	0,0228	0,022306	0,0205

Lampiran 13

Tabel 13 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 14

Tabel 14 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	12,68	25,12	18,46
2	12,18	22,04	15,14
3	26,82	11,82	18,32
4	18,58	20,32	16,68
5	20,82	22,12	20,86
6	18,32	14,12	23,18
7	16,62	21,08	16,14
8	10,94	12,22	16,22
9	17,22	25,92	17,28
10	11,48	19,32	22,26
11	17,12	21,44	24,74
12	19,1	16,14	23,56
13	11,42	21,2	16,84
14	15,44	17,92	
15		21,52	

16		10,58	
17		19,98	
Jumlah	228,74	322,86	249,68
Rata-rata	16,33857	18,99176	19,20615










Lampiran 15

Tabel 15 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2339	0,3028	0,249
Rata-rata	0,016707	0,017812	0,019154

Lampiran 16

Tabel 16 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			



Lampiran 17

Tabel 17 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	20,48	17,42	21,12
2	23,84	31,28	25,82
3	27,08	19,62	29,96
4	20,94	19,68	25,1
5	25,04	13,84	16,28
6	14,42	20,92	11,92
7	16,82	20,52	18,88
8	23,32	21,42	18,76
9	21,04	14,14	12,88
10	13,52	30,88	19,22
11	19,78	22,74	18,32
12	23,06	16,92	21,48
13	20,28	22,62	18,88
14	22,8	19,52	13,84
15	16,46	17,88	
Jumlah	308,88	309,4	272,46
Rata-rata	20,592	20,62667	19,46143













Lampiran 18

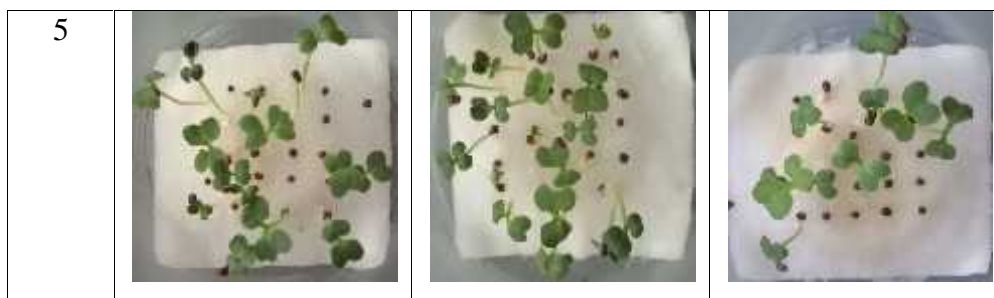
Tabel 18 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2609	0,2778	0,2661
Rata-rata	0,017393	0,01852	0,019007

Lampiran 19

Tabel 19 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 20

Tabel 20 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	17,84	20,1	30,86
2	17,82	22,92	20,78
3	17,68	21,26	26,22
4	22,24	20,12	20,38
5	20,92	19,22	20,76
6	24,82	14,82	13,54
7	21,82	21,38	17,34
8	24,14	5,74	25,08
9	15,12	24,88	17,92
10	14,64	17,32	
11	20,08	13,18	
12	17,3	29,44	
13	8,96	29,86	
14	20,14	20,64	
15	12,22	13,38	
16	24,92		
Jumlah	300,66	294,26	192,88
Rata-rata	18,79125	19,61733	21,43111

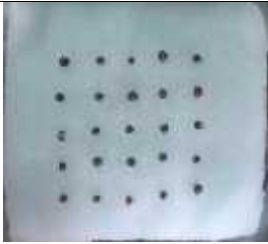
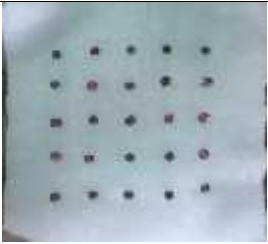
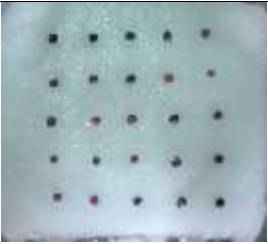












Lampiran 21

Tabel 21 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 1000 Hz pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2805	0,3158	0,1878
Rata-rata	0,017531	0,021053	0,020867

Lampiran 22

Tabel 22 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 23

Tabel 23 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	16,92	16,68	8,12
2	27,82	21,52	21,14
3	13,84	21,12	12,98
4	28,18	16,88	15,22
5	16,94	12,04	18,64
6	21,72	20,92	9,22
7	8,82	19,52	21,22
8	24,12	23,32	19,86
9	21,82	22,52	15,72
10	24,52	19,62	17,24
11	22,08	24,42	18,78
12	17,38	25,58	19,34
13	26,48	13,38	9,78
14	26,52	19,42	12,72
15	4,08	18,52	13,54
16	19,12	20,82	16,42
17		19,22	13,36
18			14,66
19			16,68
20			17,04
21			16,78
22			30,92
Jumlah	320,36	335,5	359,38
Rata-rata	20,0225	19,73529	16,33545

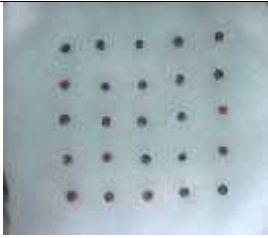
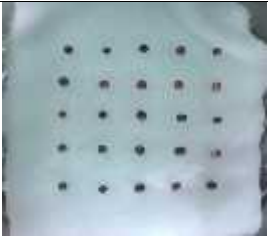
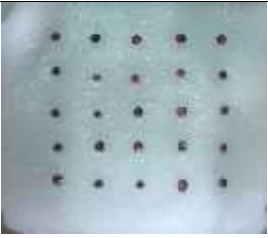












Lampiran 24

Tabel 24 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Bobot segar	0,2621	0,2709	0,3742
Rata-rata	0,016381	0,01505	0,017009

Lampiran 25

Tabel 25 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 26

Tabel 26 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	23,04	31,04	21,22
2	24,92	32,36	21,26
3	9,2	19,04	26,34
4	23,34	7,12	18,24
5	26,62	7,14	16,92
6	19,82	29,12	17,42
7	16,32	7,08	19,92
8	12,66	29,62	14,94
9	13,22	16,1	17,68
10	12,92	23,88	20,76
11	26,12	13,12	15,18
12	22,9	22,38	17,32
13	16,48	14,2	13,62
14	14,1	23,92	19,17
15	13,32	18,92	23,72
16	19,22	11,58	19,78
17		6,72	13,52
18		4,62	21,42
19			18,32
20			14,42
21			5,74
Jumlah	294,2	317,96	376,91
Rata-rata	18,3875	17,66444	17,9481


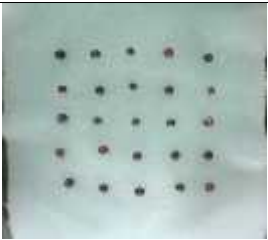
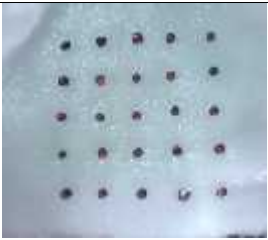
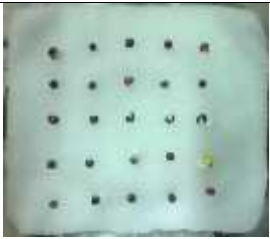











Lampiran 27

Tabel 27 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2672	0,3109	0,3363
Rata-rata	0,0167	0,017272	0,016014

Lampiran 28

Tabel 28 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	1000 Hz 80 dB	1000 Hz 90 dB	1000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 29

Tabel 29 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	18,72	32,92	7,14
2	36,04	29,22	8,18
3	21,28	20,78	19,38
4	28,02	21,04	20,18
5	15,72	16,52	24,22
6	19,7	18,1	24,62
7	16,72	5,52	23,96
8	24,04	14,32	26,24
9	19,68	11,82	22,18
10	15,82	27,36	16,88
11	16,74	20,42	22,92
12	18,12	13,22	20,18
13	8,82	18,62	24,92
14	19,66	23,92	20,52
15	16,72		16,52
16			21,82
17			9,92
18			20,94
19			22,82
Jumlah	295,8	273,78	373,54
Rata-rata	19,72	19,55571	19,66

Lampiran 30


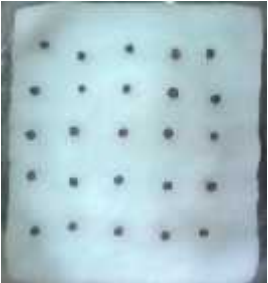













Tabel 30 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 1000 Hz pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2781	0,2709	0,3241
Rata-rata	0,01854	0,01806	0,017058

Lampiran 31

Tabel 31 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 1

24	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)
-----------	--

jam ke	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 32

Tabel 32 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	20,74	24,22	14,72
2	23,42	19,36	16,46
3	21,18	15,4	26,1
4	21,18	20,14	28,78
5	24	19,24	21,68
6	19,32	18,88	18,92
7	21,12	14,36	18,58
8	18,28	18,56	26,12
9	19,82	22,12	27,54
10	17,92	22,18	20,08
11	20,32	29,58	13,92
12	6,32	16,52	19,32
Jumlah	233,62	240,56	252,22
Rata-rata	19,46833	20,04667	21,01833

Lampiran 33
















Tabel 33 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,1499	0,1735	0,2046
Rata-rata	0,012492	0,014458	0,01705

Lampiran 34

Tabel 34 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 35

Tabel 35 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	14,22	22,42	17,22
2	17,34	20,14	18,12
3	25,92	19,38	20,56
4	16,1	18,12	22,44
5	22,42	25,42	24,12
6	18,12	25,88	21,78
7	24,22	25,16	21,96
8	18,32	17,32	20,82
9	13,82	25,22	17,82
10	30,04	10,42	
11	31,62	19,22	
12	9,48	17,94	
13	14,18	19	
14		30,72	
15		18,12	
16		22,44	
17		26,88	
18		15,12	
Jumlah	255,8	378,92	184,84
Rata-rata	19,67692	19,94316	20,53778

Lampiran 36
















Tabel 36 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 2

SPL	Bobot Segar Kecambah (mg)		
	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2113	0,3113	0,1552
Rata-rata	0,016254	0,016384	0,017244

Lampiran 37

Tabel 37 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 3

24 jam	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

ke			
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 38

Tabel 38 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	29,92	22,46	21,12
2	26,62	22,86	21,14
3	32,82	19,14	18,76
4	18,08	21,24	24,46
5	11,88	17,92	22,78
6	23,44	21,72	15,12
7	27,44	15,14	25,62
8	21,22	22	18,68
9	29,78	20,92	16,42
10	21,62	22,18	25,52
11	21,68	25,78	
12	18,72	17,32	
13	15,1		
14	14,12		
15	5,05		
Jumlah	317,49	248,68	209,62
Rata-rata	21,166	20,72333	20,962

Lampiran 39
















Tabel 39 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang sinus 2000 Hz pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2974	0,234	0,2069
Rata-rata	0,019827	0,0195	0,02069

Lampiran 40

Tabel 40 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 41

Tabel 41 Perubahan ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	24,86	24,88	26,32
2	11,52	27,78	17,84
3	31,86	35,42	13,88
4	21,46	27,68	24,52
5	25,22	27,88	19,48
6	32,78	25,92	33,32
7	25,42	29,28	19,52
8	25,52	27,38	26,84
9	23,46	18,82	20,76
10	15,86	21,12	10,2
11	12,14	25,46	8,32
12	8,76	10,82	26,54
13	7,26	7,62	17,64
14	28,04	4,32	13,72
15	26,22	20,32	19,62
16	11,42	11,38	23,54
17	17	4,44	
18	34,62		
19	30,32		
20	6,42		
21	24,22		
Jumlah	444,38	350,52	322,06
Rata-rata	21,16095	20,61882	20,12875
















Lampiran 42

Tabel 42 Data hasil bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 1

SPL	Bobot Segar Kecambah (mg)		
	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3727	0,3148	0,3029
Rata-rata	0,017748	0,018518	0,018931

Lampiran 43

Tabel 43 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 44

Tabel 44 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	27,14	26	27,74
2	23,32	7,82	16,78
3	31,84	21,22	30,82
4	7,52	28,78	27,92
5	5,88	29,42	30,66
6	24,42	7,42	23,08
7	23,76	23,92	12,92
8	32,94	28,24	24,58
9	23,28	28,04	24,56
10	26,1	15,22	24,78
11	24,22	28,24	18,96
12	11,14	17	17,22
13	20,64	24,28	8,72
14	4,12	27,04	29,78
15	7,12	28,32	18,22
16	4,38	20,14	11,32
17		17,06	
18		6,18	
Jumlah	297,82	384,34	348,06
Rata-rata	18,61375	21,35222	21,75375

Lampiran 45
















Tabel 45 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2882	0,3525	0,3031
Rata-rata	0,018013	0,019583	0,018944

Lampiran 46

Tabel 46 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 3

24	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)
-----------	--

jam ke	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 47

Tabel 47 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25,88	24,34	22,32
2	20,92	31,32	20,08
3	16,36	27	23,18
4	23,78	24,34	24,2
5	20,92	29,46	29,94
6	26,54	21,92	28,98
7	33,68	4,46	29,12
8	26,68	39,42	17,62
9	18,92	27,18	18,32
10	24,74	28,2	8,08
11	22	18,08	19,32
12	24,04	27,04	24,18
13	23,36	28,08	27,62
14	10,28	4,12	
15	35,82	9,58	
16	45,78	24,38	
17	13,62	27,74	
18	23,12	6,32	
19	25,52	16,28	
20	27,34	7,22	
21	19,38		
22	7,28		
23	6,42		
Jumlah	522,38	426,48	292,96
Rata-rata	22,71217	21,324	22,53538

Lampiran 48













Tabel 48 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 3

SPL	Bobot Segar Kecambah (mg)		
	80 dB	90 dB	100 dB

Jumlah	0,4284	0,3863	0,2782
Rata-rata	0,018626	0,019315	0,0214

Lampiran 49

Tabel 49 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 2000 Hz pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 50

Tabel 50 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang Segitiga 2000 Hz pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25,22	15,92	16,82
2	13,74	25,62	22,12
3	26,42	28,12	24,52
4	26,38	18,22	13,14
5	16,82	18,82	14,92
6	28,72	16,44	14,32
7	28,68	18,44	20,52
8	27,62	22,72	25,86
9	28,42	7,22	12,48
10	16,46	21,36	13,96
11	17,62	27,18	19,52
12	20,04	20,22	18,42
13	30,92	8,32	15,42
14	17,06	19,42	16,52
15	23,12	15,02	16,86
16	10,72	5,32	18,72
17	4,14	17,56	7,82
18	10,12	6,4	
19	5,16		
20	4,22		
21	19,72		
Jumlah	401,32	312,32	291,94
Rata-rata	19,3986	17,3511	17,1729










Lampiran 51

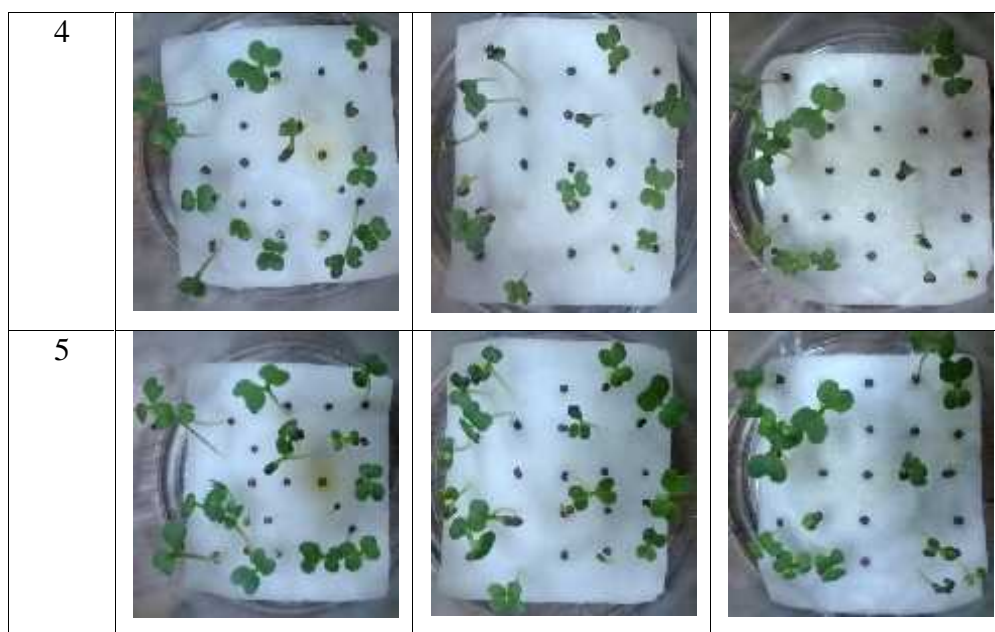
Tabel 51 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang kotak 2000 Hz pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3105	0,2842	0,2533
Rata-rata	0,01479	0,01579	0,0149

Lampiran 52

Tabel 52 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 2000 Hz pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			



Lampiran 53

Tabel 53 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang Segitiga 2000 Hz pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	28,22	18,26	23,72
2	21,42	21,84	24,52
3	19,5	21,42	22,42
4	18,74	19,68	13,22
5	19,84	16,12	22,76
6	11,18	17,76	17,42
7	18,12	17,64	21,48
8	25	10,72	8,36
9	16,78	23,48	11,12
10	10,88	25,52	14,41
11	25,88	19,74	18,48
12	20,62	25,12	18,32
13	17,04	20,34	18,42
14	24,04	14,12	16,78
15	20,34	7,56	12,12
16	25,6	8,92	
17	12,22	19,42	
18	18,24		
19	4,62		

20	4,32		
Jumlah	362,6	307,66	263,55
Rata-rata	18,15	18,0976	17,57







Lampiran 54

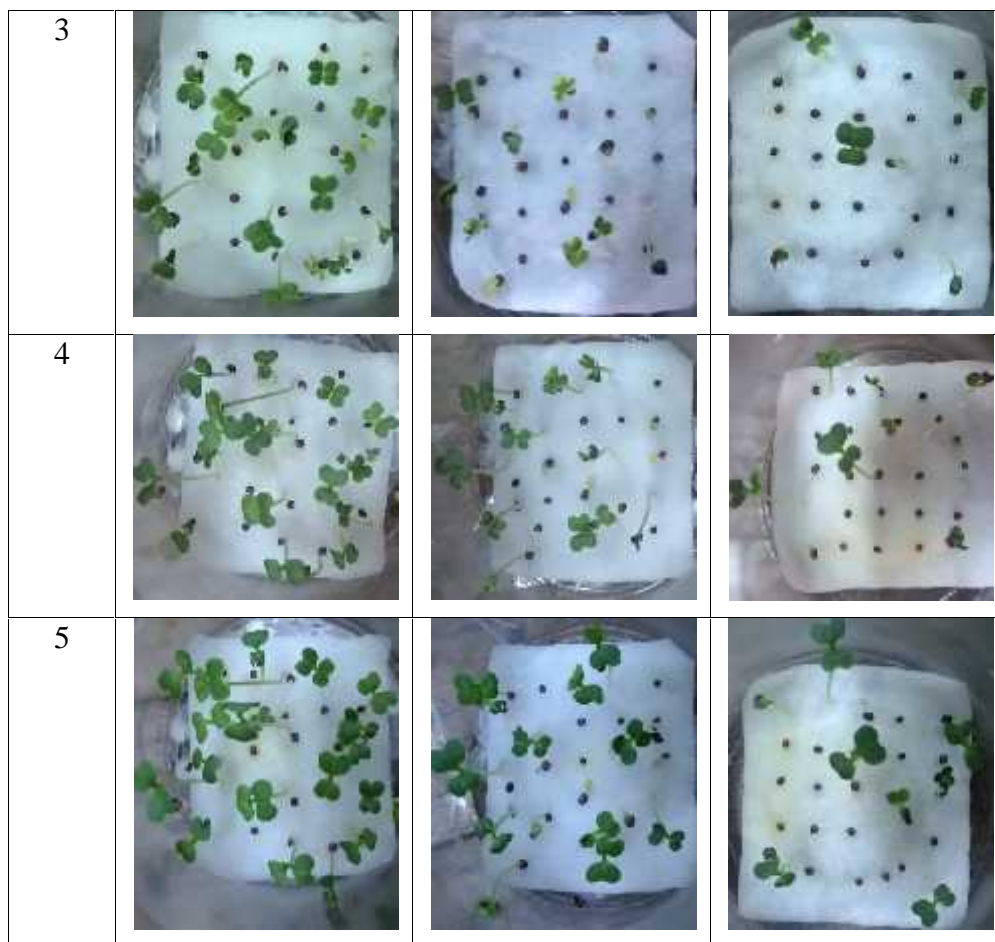
Tabel 54 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 2000 Hz pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3445	0,2645	0,2587
Rata-rata	0,01723	0,01556	0,01725

Lampiran 55

Tabel 55 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang segitiga 2000 Hz pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 56

Tabel 56 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang Segitiga 2000 Hz pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	21,44	14,12	10,24
2	41,22	19,92	24,72
3	33,22	24	33,34
4	21,22	24,12	14,56
5	19,54	24,02	19,86
6	21,26	24,12	30,12
7	14,38	16,92	20,54
8	22,44	21,62	21,12
9	33,42	9,32	4,38
10	21,52	24,62	17,34
11	20	35,12	19,26
12	15,42	10,82	

13	25,62	17,72	
14	17,78	19,72	
15	20,52	19,1	
16	16,52	18,78	
17	18,8	4,34	
18	14,12		
19	14,18		
20	4,32		
21	7,86		
Jumlah	424,8	328,38	232,26
Rata-rata	20,2286	19,3165	19,355




Lampiran 57

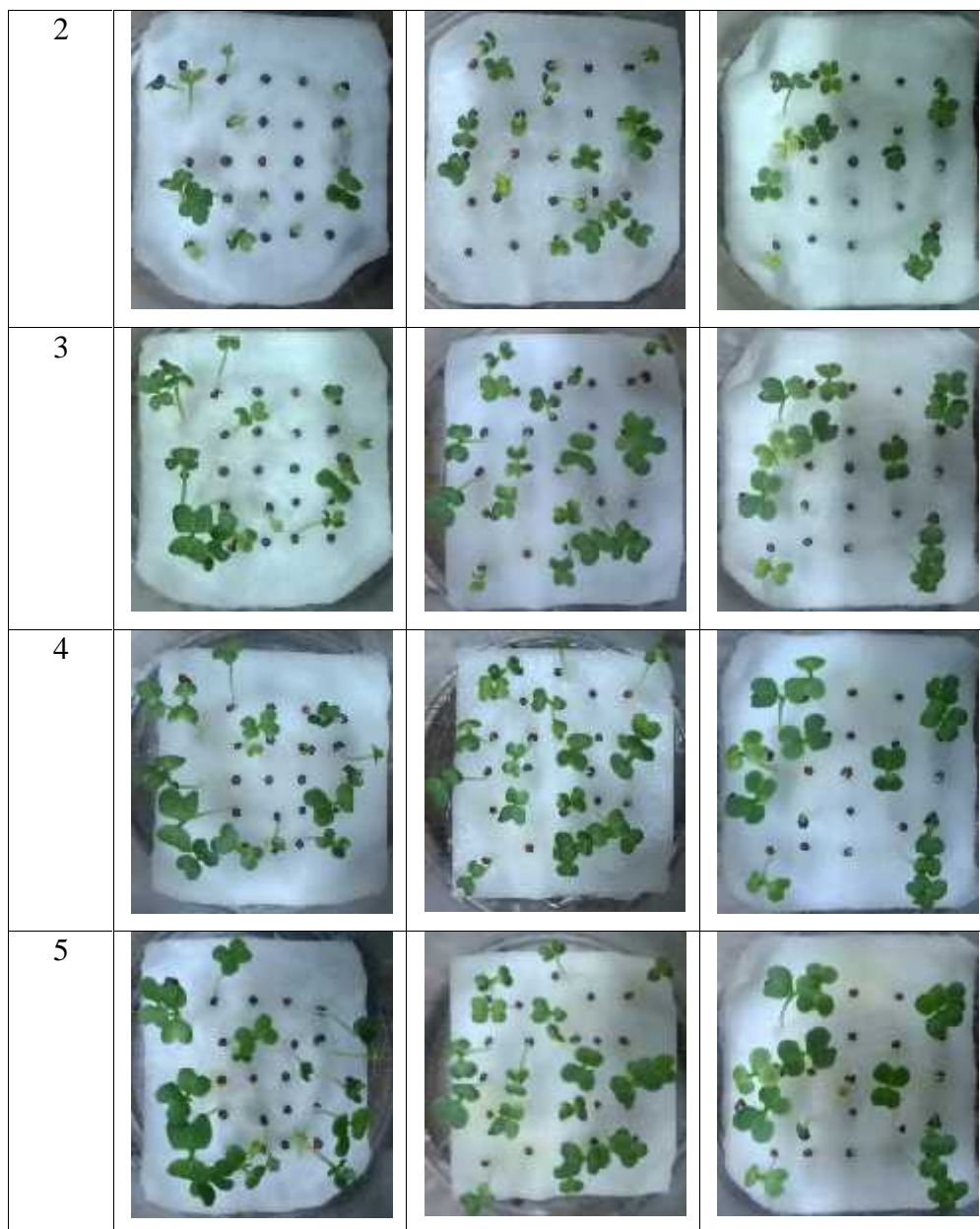
Tabel 57 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan akustik gelombang segitiga 2000 Hz pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,4361	0,2946	0,1594
Rata-rata	0,02077	0,01733	0,01328

Lampiran 58

Tabel 58 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			



Lampiran 59

Tabel 59 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	24,52	18,6	28,92
2	22,62	13,86	20,34
3	12	24,24	13,22

4	28,64	20,68	21,4
5	19,32	16,92	17,52
6	21,92	16,62	15,5
7	17,42	29,56	24,56
8	34,38	18,34	16,52
9	29,14	15,24	22,62
10	31,08	21,42	21,28
11	16,42	26,22	24,36
12	24,12	21,92	21,72
13	27,84	17,32	16,12
14	12,82	23,1	20,36
15	20,72	14,86	
16	20,68	9,24	
17	26,64	24,56	
18	23,28	22,12	
19	8,22	22,16	
20		18,56	
Jumlah	421,78	395,54	284,44
Rata-rata	22,19895	19,777	20,31714

Lampiran 60
















Tabel 60 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3229	0,3596	0,2044
Rata-rata	0,016995	0,01798	0,0146

Lampiran 61

Tabel 61 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 62

Tabel 62 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	26,92	26,72	22,82
2	30,72	21,28	16,32
3	25,14	29,44	25,82
4	23	18,92	24,22
5	29,32	18,88	12,92
6	23,22	24,42	10,62
7	21,42	22,54	17,44
8	23,12	22,58	19,54
9	23,82	22,72	12,44
10	14,54	27,54	21,32
11	20,56	23,48	17,42
12	11,08	24,52	16,18
13		23,1	14,82
14		24,82	21,12
15		19,72	12,88
16		13,92	12,92
17		20,68	11,54
18		8,04	16,74
19		6,12	18,76
20			18,82
21			22,66
22			10,52
Jumlah	272,86	399,44	377,84
Rata-rata	22,73833	21,02316	17,17455













Lampiran 63

Tabel 63 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,232	0,3475	0,338
Rata-rata	0,019333	0,018289	0,015364

Lampiran 64

Tabel 64 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 65

Tabel 65 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	38,82	13,7	18,6
2	19,14	24,12	25,12
3	34,22	17,88	13,82
4	32,44	31,58	30,84
5	22	29,18	17,46
6	15,48	25,92	23,1
7	34,92	17,94	21,48
8	24,12	23,32	16,88
9	19,12	34,66	22,96
10	36,42	21,12	23,1
11	21,22	18,9	18,72
12	11,42	26,32	21,14
13	23,82	23,32	20,52
14	20,54	28,82	21,36
15	16,48	16,44	13,12
16	7,72	19,72	11,14
17	12,72	21,92	21,18
18		21,08	10,24
19		24,56	
Jumlah	390,6	440,5	350,78
Rata-rata	22,97647	23,18421	19,48778










Lampiran 66

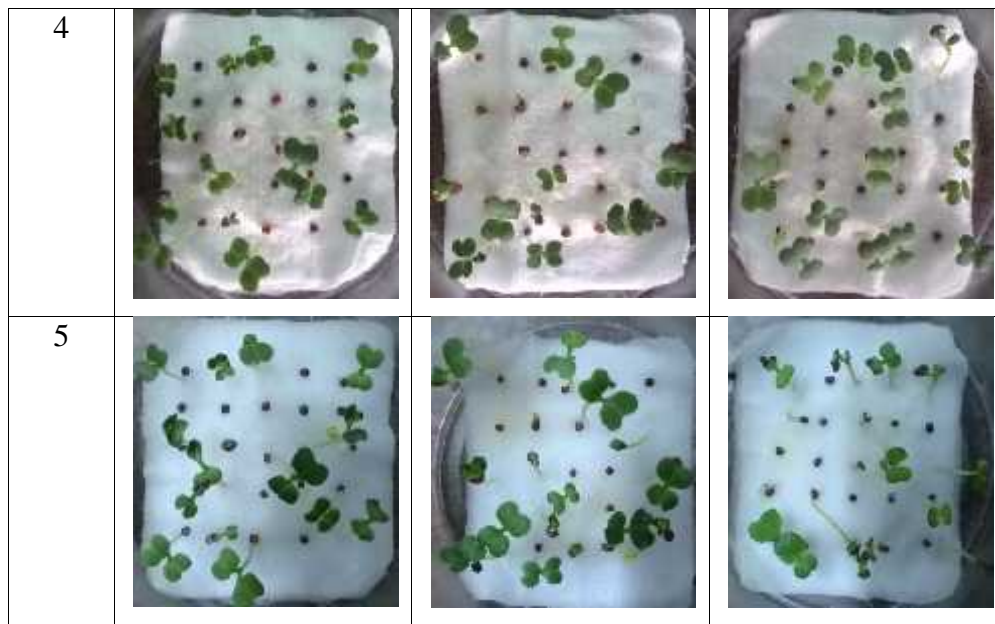
Tabel 66 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 27 sampai 28°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3545	0,3349	0,3441
Rata-rata	0,020853	0,017626	0,019117

Lampiran 67

Tabel 67 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			



Lampiran 68

Tabel 68 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25	27,66	15,42
2	23,74	25,92	15,46
3	20,84	19,74	15,12
4	31,94	21,58	13
5	15,92	21,62	11,64
6	25,36	27,92	15,5
7	25,46	26,62	9,86
8	20,96	20	9,92
9	13,88	27,92	18
10	16,82	32,82	7,72
11	16,38	24,72	13,82
12	27,66	29,92	13,92
13	22,56	27,66	8,92
14	14,32	7,74	10,92
15	11	7,32	13,22
16	9,52		
Jumlah	321,36	349,16	192,44
Rata-rata	20,085	23,27733	12,82933







Lampiran 69

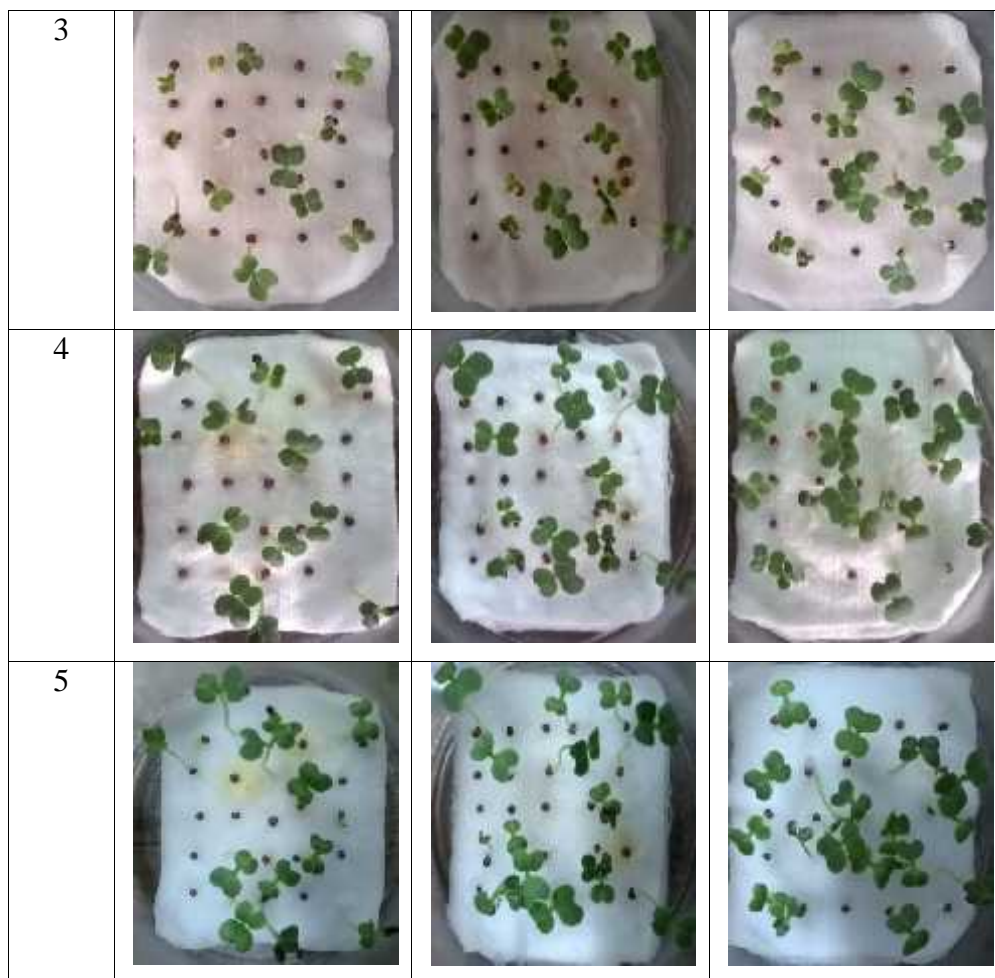
Tabel 69 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 1

	Bobot segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2544	0,2627	0,1547
Rata-rata	0,0159	0,017513	0,010313

Lampiran 70

Tabel 70 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 71

Tabel 71 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	24,62	26,32	15,72
2	22,92	35,32	21,58
3	17,52	16	15,35
4	20,84	23,44	18,54
5	20,92	23,32	19,72
6	27,22	23,12	18,12
7	37,48	23,46	18,16
8	26,52	25,44	17,88
9	19,32	19,22	13
10	27	15,08	18,06

11	19,58	21,92	15,72
12	14,1	20,92	15,8
13		20,96	20,74
14		20,88	13,64
15		27,12	14
16		11,72	14,08
17			14,12
18			19,88
Jumlah	278,04	354,24	304,11
Rata-rata	23,17	22,14	16,895




Lampiran 72

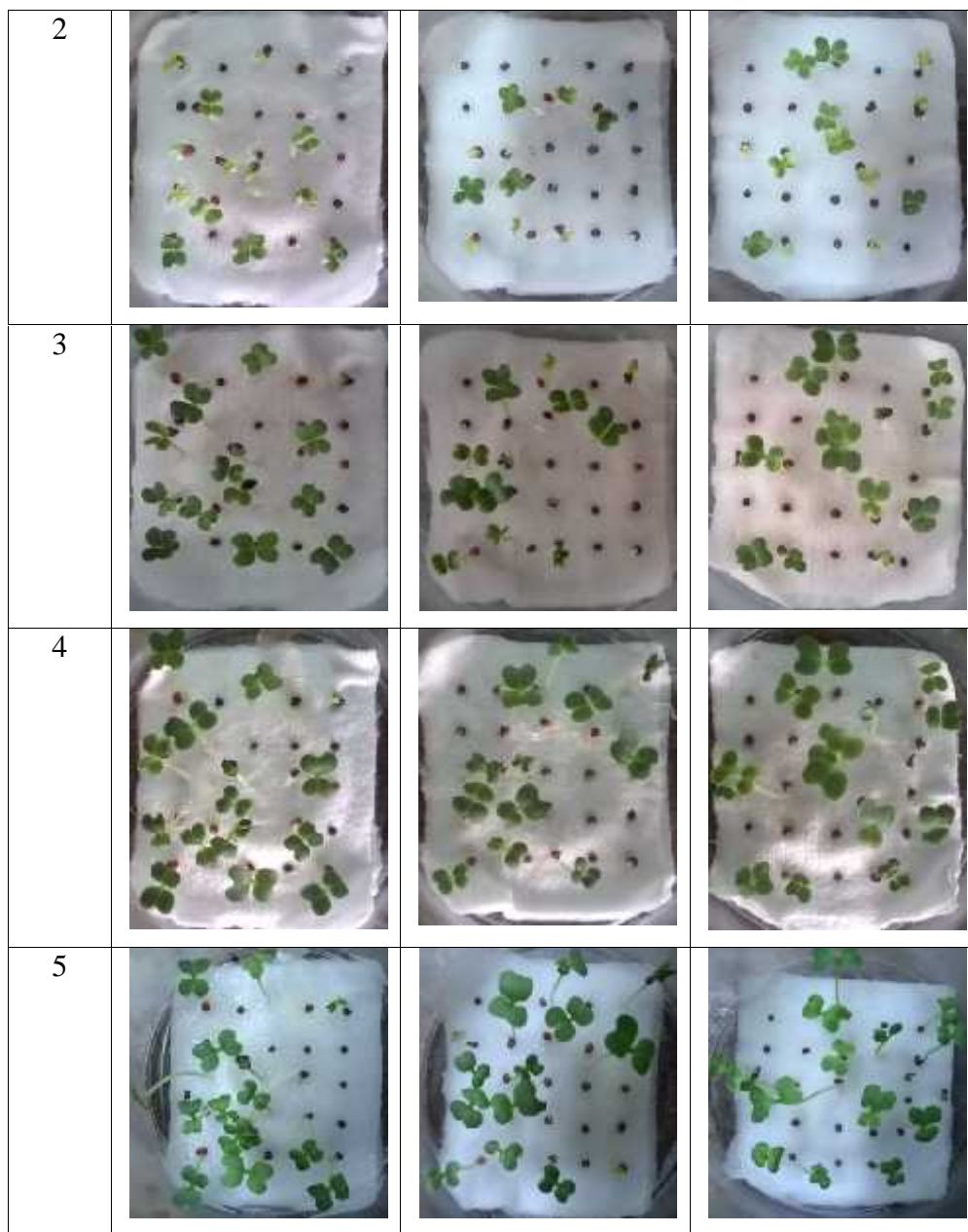
Tabel 72 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2398	0,3027	0,2967
Rata-rata	0,019983	0,018919	0,016483

Lampiran 73

Tabel 73 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			



Lampiran 74

Tabel 74 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	22,72	17,86	20,38
2	27,16	22,42	21,23
3	11,52	25,48	27,86

4	22,92	29,24	12,64
5	25,32	32,28	12,52
6	16,88	22,34	18,64
7	21,18	32,72	17,42
8	21,22	24,42	19,64
9	23,92	24,38	12,08
10	21,32	21,82	10,42
11	17,48	18,92	20
12	18,32	21,12	13,52
13	26,54	23,94	13,56
14	21,12	9,12	19,32
15	18,22		
Jumlah	315,84	326,06	239,23
Rata-rata	21,056	23,29	17,08786

Lampiran 75
















Tabel 75 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 31 sampai 50% pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3431	0,2662	0,2434
Rata-rata	0,022873	0,019014	0,017386

Lampiran 76

Tabel 76 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 77

Tabel 77 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25,72	30,58	29,08
2	28,88	32,68	15,62
3	25,32	33,62	18,12
4	9,62	23,78	25,12
5	28,82	26,04	34,48
6	20,22	26	31,42
7	15,62	26,08	22,04
8	25,82	16,82	20,34
9	28,82	20,32	22,86
10	28,76	20,3	29,72
11	25,72	28,38	23,1
12	25,8	28,42	22,88
13	20,92	30,4	23,92
14	28,62	19,42	25,52
15	14,82	12,66	13,32
16	25,84	28,12	
17		20,72	
18		10,52	
Jumlah	379,32	434,86	357,54
Rata-rata	23,708	24,15889	23,836













Lampiran 78

Tabel 78 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3016	0,3439	0,3081
Rata-rata	0,01889	0,0191	0,0205

Lampiran 79

Tabel 79 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 80

Tabel 80 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25,22	33,84	24,68
2	19,92	33,74	20
3	27,92	28,2	26,72
4	18,22	28,18	26,78
5	21,08	21,62	21,52
6	27,72	13,84	29,68
7	19,12	14,26	29,64
8	27,1	39,04	30,58
9	14,92	28,32	29,68
10	34,5	16,48	25,72
11	23,04	7,32	25,42
12	23,08	21,92	21,22
13	15,96	22,36	21,26
14	19,16	21,72	19,12
15	22,36	8,88	28,92
16	23,32		19,58
17	28,86		27,32
18	16,3		24,22
19	24		28,22
20	20,1		5,24
21	16,9		4,42
Jumlah	468,8	339,72	489,94
Rata-rata	22,32381	22,648	23,33

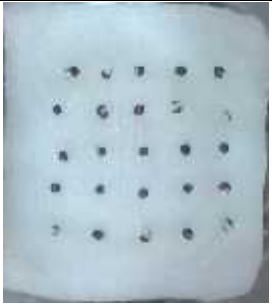





Lampiran 81

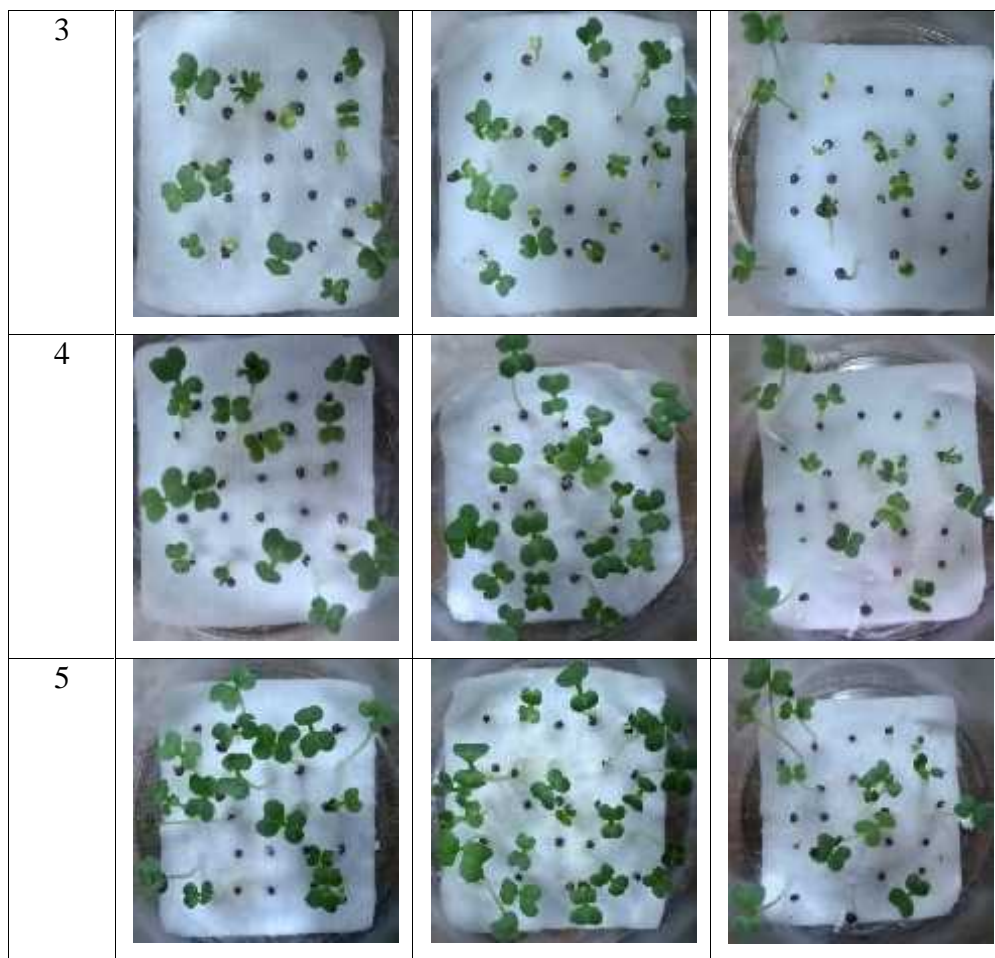
Tabel 81 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,4004	0,3039	0,4022
Rata-rata	0,019067	0,0203	0,0192

Lampiran 82

Tabel 82 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 83

Tabel 83 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	15,2	23,04	31,42
2	17,08	29,48	33,28
3	33,92	30,72	28,44
4	32,12	30,76	32,44
5	28,82	21	24,52
6	22,76	36,52	15,92
7	22,74	28,32	27,68
8	28,92	22,82	22,82
9	28,72	29,72	20,2
10	30,12	33,32	25,72

11	23,86	7,12	31,82
12	35,52	34,12	29,08
13	26,42	14,14	22,68
14	22,76	35,92	25,96
15	6,62	29,32	20,76
16		28,42	25,22
17		20,1	24,76
18		9,46	14,32
Jumlah	375,58	464,3	457,04
Rata-rata	25,039	25,79444	25,391




Lampiran 84

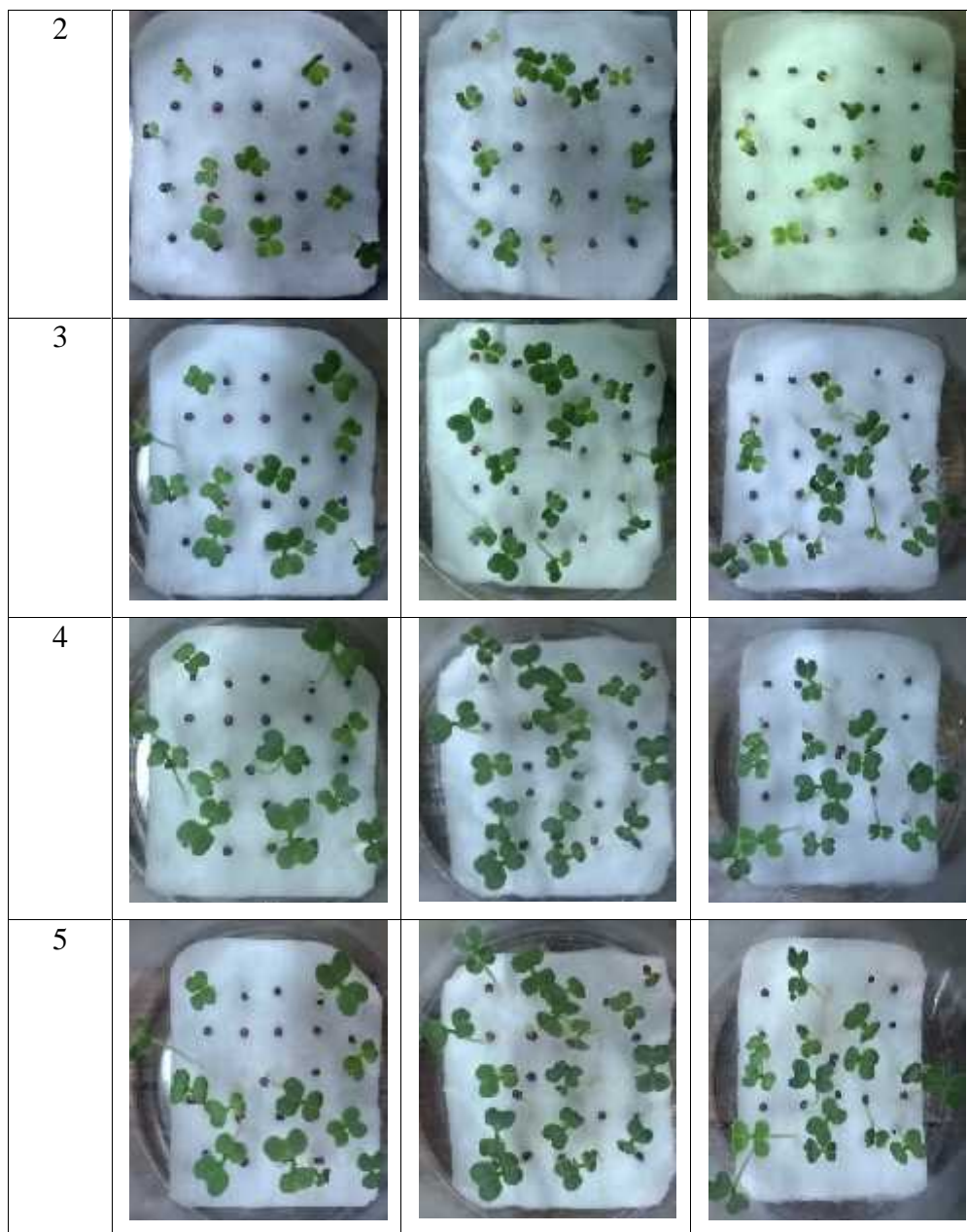
Tabel 84 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3113	0,3788	0,3612
Rata-rata	0,0208	0,021	0,0201

Lampiran 85

Tabel 85 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			



Lampiran 86

Tabel 86 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	24,86	24,88	26,32
2	11,52	27,78	17,84

3	31,86	35,42	13,88
4	21,46	27,68	24,52
5	25,22	27,88	19,48
6	32,78	25,92	33,32
7	25,42	29,28	19,52
8	25,52	27,38	26,84
9	23,46	18,82	20,76
10	15,86	21,12	10,2
11	12,14	25,46	8,32
12	8,76	10,82	26,54
13	7,26	7,62	17,64
14	28,04	4,32	13,72
15	26,22	20,32	19,62
16	11,42	11,38	23,54
17	17	4,44	
18	34,62		
19	30,32		
20	6,42		
21	24,22		
Jumlah	444,38	350,52	322,06
Rata-rata	21,16095	20,61882	20,12875

Lampiran 87
















Tabel 87 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3727	0,3148	0,3029
Rata-rata	0,017748	0,018518	0,018931

Lampiran 88

Tabel 88 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

24	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
jam	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

ke			
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 89

Tabel 89 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	27,14	26	27,74
2	23,32	7,82	16,78
3	31,84	21,22	30,82
4	7,52	28,78	27,92
5	5,88	29,42	30,66
6	24,42	7,42	23,08
7	23,76	23,92	12,92
8	32,94	28,24	24,58
9	23,28	28,04	24,56
10	26,1	15,22	24,78
11	24,22	28,24	18,96
12	11,14	17	17,22
13	20,64	24,28	8,72
14	4,12	27,04	29,78
15	7,12	28,32	18,22
16	4,38	20,14	11,32
17		17,06	
18		6,18	
Jumlah	297,82	384,34	348,06
Rata-rata	18,61375	21,35222	21,75375













Lampiran 90

Tabel 90 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,2882	0,3525	0,3031
Rata-rata	0,018013	0,019583	0,018944

Lampiran 91

Tabel 91 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 92

Tabel 92 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	25,88	24,34	22,32
2	20,92	31,32	20,08
3	16,36	27	23,18
4	23,78	24,34	24,2
5	20,92	29,46	29,94
6	26,54	21,92	28,98
7	33,68	4,46	29,12
8	26,68	39,42	17,62
9	18,92	27,18	18,32
10	24,74	28,2	8,08
11	22	18,08	19,32
12	24,04	27,04	24,18
13	23,36	28,08	27,62
14	10,28	4,12	
15	35,82	9,58	
16	45,78	24,38	
17	13,62	27,74	
18	23,12	6,32	
19	25,52	16,28	
20	27,34	7,22	
21	19,38		
22	7,28		
23	6,42		
Jumlah	522,38	426,48	292,96

Rata-rata	22,71217	21,324	22,53538
------------------	----------	--------	----------







Lampiran 93

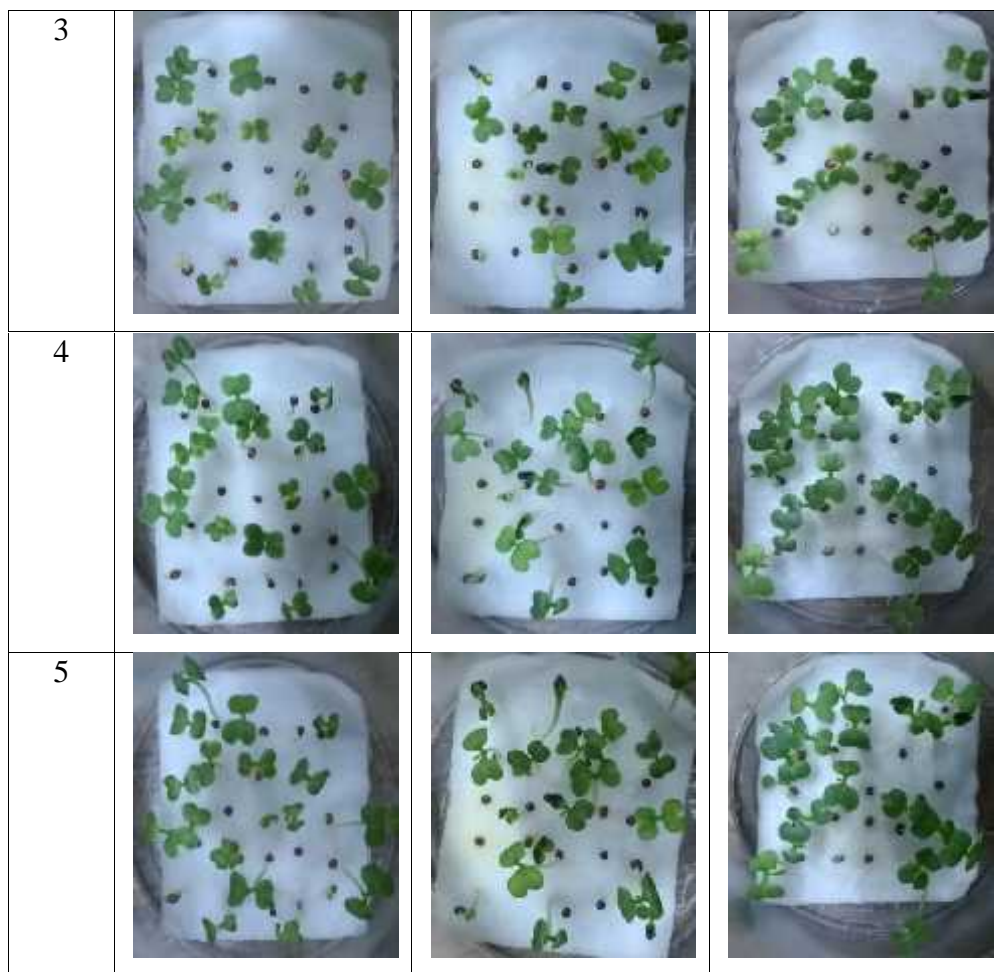
Tabel 93 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 51 sampai 70% pengulangan ke 3

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,4284	0,3863	0,2782
Rata-rata	0,018626	0,019315	0,0214

Lampiran 94

Tabel 94 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 95

Tabel 95 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	13,74	24,08	12,72
2	12,24	11,42	14,32
3	12,28	15,44	12,02
4	14,26	15,54	12,08
5	28,22	22,42	12,12
6	23,84	15,72	17,22
7	27,28	21,04	19,64
8	19	18,92	22
9	9,24	22,32	15,42
10	17,72	11,52	14,06

11	9,64	19,8	27,42
12	9,62	16,82	24,22
13	15,92	29,14	12,12
14	10,22	16,52	24,52
15	10,82	10,18	16,18
16	10,72	10,22	20,42
17	12	13,92	27,92
18	14,22		15,72
19	15,1		15,76
20	25,82		13,28
21	4,23		
Jumlah	316,13	295,02	349,16
Rata-rata	15,05381	17,35412	17,458




Lampiran 96

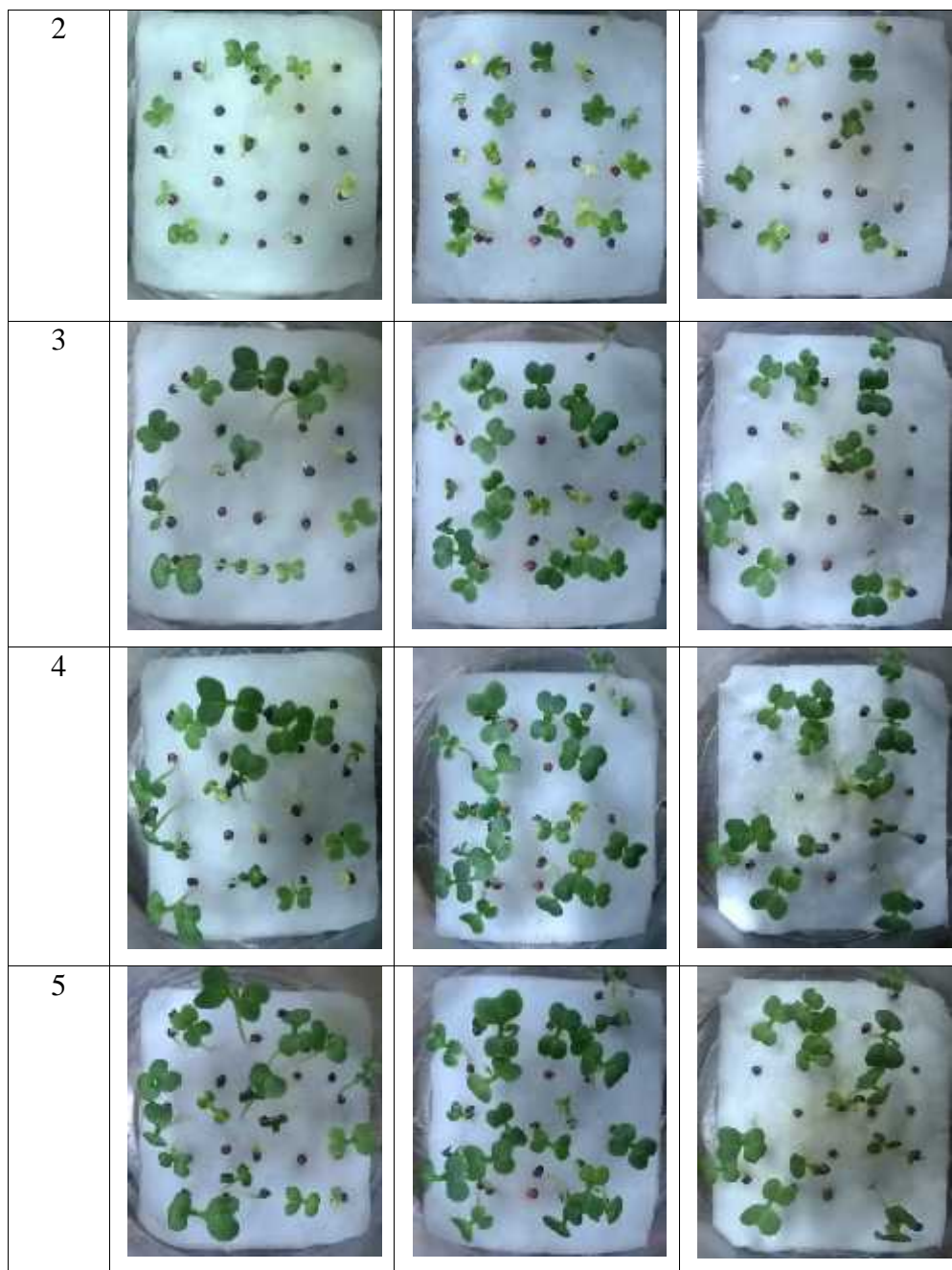
Tabel 96 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3444	0,2853	0,3621
Rata-rata	0,0164	0,016782	0,018105

Lampiran 97

Tabel 97 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			



Lampiran 98

Tabel 98 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	16,72	19,88	18,18

2	21,24	24,72	11,12
3	22,62	17,74	22
4	9,42	26,5	26,18
5	7,66	26,52	28,28
6	14,72	26,34	14,86
7	12,66	20,82	18,58
8	10,1	17,04	15,08
9	25,72	13,92	14,62
10	8,92	9,48	15,88
11	16,28	19,42	13,62
12	22,62	16,3	16,78
13	24,64	16,32	22
14	17,48	12,06	18,06
15	18,72	15,18	24,62
16	16	17,28	19,62
17	21,1	14,04	18,82
18	9,06	16,58	10,72
19	9,02	12,22	
20		7,22	
Jumlah	304,7	349,58	329,02
Rata-rata	16,03684	17,479	18,27889

Lampiran 99
















Tabel 99 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3171	0,3249	0,3518
Rata-rata	0,016689	0,016245	0,019544

Lampiran 100

Tabel 100 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

24 jam	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

ke			
1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 101

Tabel 101 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	20,66	21,32	25,5
2	21,64	19,76	11,44
3	21,54	26,58	19,04
4	21,32	13,1	20,02
5	28,48	20,08	22,12
6	17,94	11,54	15,46
7	28,3	20,62	19,22
8	15,72	22,42	26,12
9	18,62	23,2	15,14
10	10,32	20	21,38
11	17,62	19	20,74
12	21,34	15,32	21,74
13	12,72	22,42	11,82
14	13,62	18,32	16,92
15	22,78	20,44	22,52
16	20,4	28,62	22,72
17	6,12	21,38	22,68
18		13,22	
19		5,05	
Jumlah	319,14	362,39	334,58
Rata-rata	18,77294	19,07316	19,68118













Lampiran 102

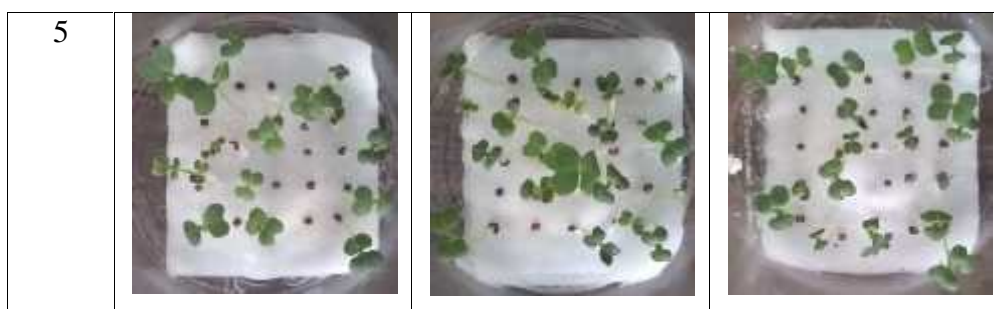
Tabel 102 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 29 sampai 30°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

SPL	Bobot Segar Kecambah (mg)		
	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3421	0,4371	0,3889
Rata-rata	0,020124	0,023005	0,022876

Lampiran 103

Tabel 103 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			
3			
4			



Lampiran 104

Tabel 104 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	24,82	23,28	11,84
2	12,66	32,1	26,84
3	9,48	15	17,12
4	9,42	22,62	14,88
5	15,82	26,62	11,22
6	18,54	27,28	16,68
7	14,76	23,62	19,96
8	23,64	12,96	21,84
9	16,42	7,36	21,86
10	22,62	23,6	15,12
11	14,12	16,56	10,22
12	22,1	9,2	26,52
13	28,28	18,32	18,08
14	23,7	17,82	13,48
15	18,66	15,64	23,36
16	18,04	28,24	18,8
17	17,96	29,2	15,6
18	7,16	21,7	26,42
19		16,3	
20		13,42	
21		22,52	
Jumlah	318,2	423,36	329,84
Rata-rata	17,67778	20,16	18,32444







Lampiran 105

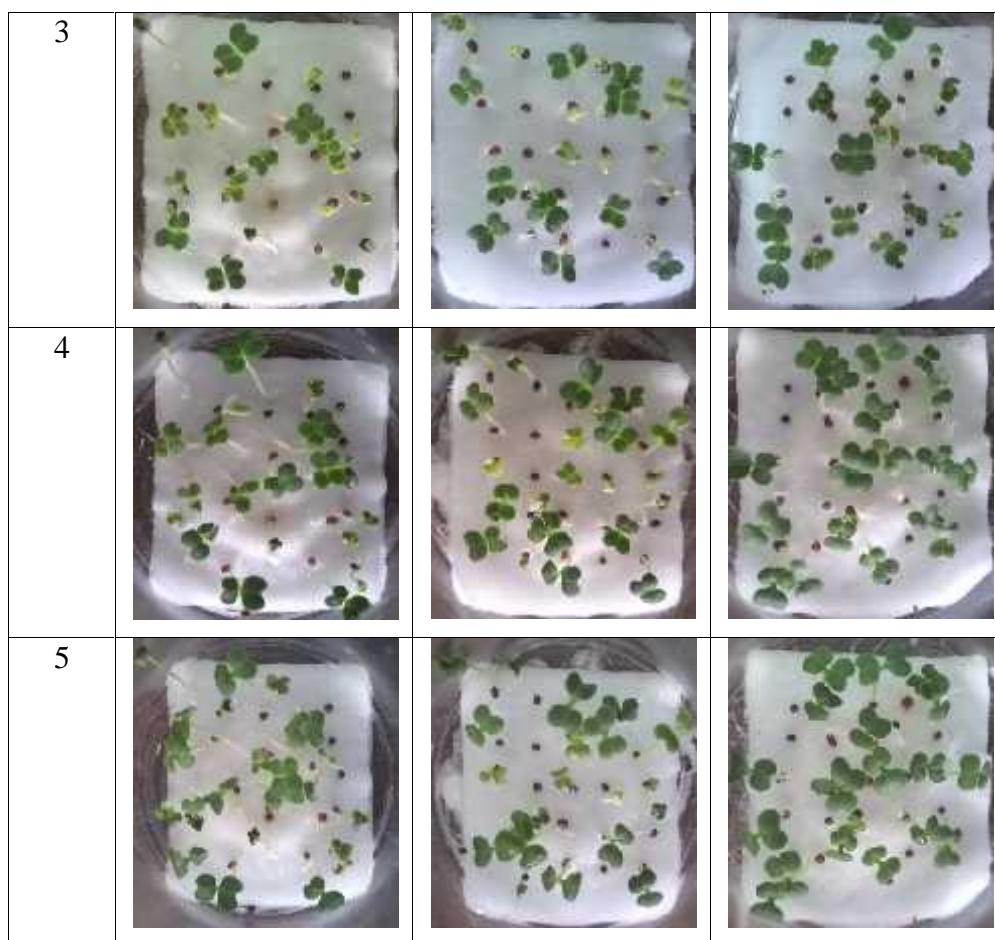
Tabel 105 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 1

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3205	0,427	0,3247
Rata-rata	0,017806	0,020333	0,015462

Lampiran 106

Tabel 106 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB
1			
2			



Lampiran 107

Tabel 107 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	18,86	21,48	27,26
2	20,9	35,64	15
3	12,22	35,9	18,94
4	27,8	23,62	20
5	15,6	14,48	22,12
6	12,36	24,42	10,28
7	27,52	24,3	23,22
8	22,28	13,2	13,2
9	14,4	16,88	23,26
10	17,32	28,8	26,62
11	23,32	20,1	24,12

12	14,9	16,32	17,4
13	20,08	11,62	16,04
14	27,82	16,84	21,26
15	10,36	7,26	19,26
16	27,3	16,82	11,84
17	27,18	11,12	20,96
18	19,2	17,32	12,26
19	7,18	21	10,78
20	7,82	21,1	
21	8,1	9,36	
22	7,9	6,32	
23	18,8		
Jumlah	409,22	413,9	353,82
Rata-rata	17,79217	18,81364	18,62211

Lampiran 108
















Tabel 108 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 2

	Bobot Segar Kecambah (mg)		
SPL	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,4586	0,4516	0,3614
Rata-rata	0,019939	0,020527	0,019021

Lampiran 109

Tabel 109 Perubahan pertumbuhan kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

24 jam ke	Frekuensi dan <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)		
	2000 Hz 80 dB	2000 Hz 90 dB	2000 Hz 100 dB

1			
2			
3			
4			
5			

Lampiran 110

Tabel 110 Data hasil ketinggian kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

Kecambah Ke	Tinggi Kecambah (mm)		
	80 dB	90 dB	100 dB
1	17,42	29,42	15,18
2	21,2	25,2	22,36
3	21,16	25,14	27,88
4	27,96	25,18	18,78
5	31,76	18	17,12
6	22,84	15,7	21,42
7	22,82	29,22	22,9
8	22,72	27,72	15,34
9	21,74	31,72	25,48
10	22,82	20,42	19,24
11	11,8	21,52	21,58
12	9,1	11,58	25,52
13	19,22	17,52	19,46
14	25,42	17,48	14,72
15	16,56	14,32	16,36
16	20,2	14,12	
17	9,08		
18	5,06		
Jumlah	348,88	344,26	303,34
Rata-rata	19,38222	21,51625	20,22267

Lampiran 111

Tabel 111 Hasil pengukuran bobot segar kecambah sawi pakcoy perlakuan paparan gelombang kotak 2000 Hz dengan suhu 31 sampai 32°C dan kelembaban 71 sampai 90% pengulangan ke 3

SPL	Bobot Segar Kecambah (mg)		
	80 dB	90 dB	100 dB
Jumlah	0,3857	0,3295	0,298
Rata-rata	0,021428	0,020594	0,019867

Lampiran 112

Tanah kebun sebagai media tanam pada proses pembibitan



Lampiran 113

Pupuk organik sebagai campuran media tanam sawi pakcoy



Lampiran 114

Proses pembuatan media tanam polybeg sawi pakcoy menggunakan campuran tanah dan pupuk organik dengan perbandingan 1:1



Lampiran 115

Media tanam polybeg sawi pakcoy



Lampiran 116

Proses pembibitan sawi pakcoy berumur 10 hari



Lampiran 117

Sawi pakcoy dengan usia 10 hari setelah tanam pada media tanam polybeg, (a) perlakuan kontrol, dan (b) perlakuan AOGS



(a)



(b)

Lampiran 118

Proses pengukuran tinggi tanaman sawi pakcoy



Lampiran 119

Hasil pengukuran tinggi tanaman sawi pakcoy

Tanaman Ke	Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Perlakuan Kontrol (cm)					
	Minggu Ke					
	1	2	3	4	5	6
1	16,7	17,4	19,8	21,8	27,3	36,9
2	13,3	15,8	19,4	28,7	30,2	44,3
3	18,8	21,4	22,4	26,9	29,4	30,4
4	18,9	20,4	22,8	24,2	28,1	34,3
5	14,9	15,7	19,3	22,7	26,8	38,7
6	17,8	19,6	21,1	23,4	27,4	39,7
7	18,3	19,6	21,1	26,4	29,7	32,8
8	18,2	19,2	21,2	21,8	24,7	39,1

9	17,4	18,2	19,4	25,4	29,2	38,3
10	16,1	17,8	20,1	25,8	29,7	40,9
11	14,2	15,3	16,7	22,4	25,7	39,7
12	14,6	15,9	18,2	20,3	22,4	23,8
13	13,2	14,2	15,6	20,1	25,8	32,8
14	12,4	13,1	14,6	20,3	24,6	34,4
15	11,7	12,3	13,3	20,1	23,3	29,3
16	16,1	17,5	18,6	26,9	29,2	35,8
17	13,8	14,3	16,8	25,3	29,2	39,9
18	15,7	16,2	17,8	20,5	22,2	27,8
19	16,8	17,2	19,4	19,7	25,4	32,9
20	14,2	15,4	16,2	19,3	25,2	35,9
Rata-rata	15,655	16,825	18,69	23,1	26,775	35,385

Tanaman Ke	Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy Perlakuan AOGS (cm)					
	Minggu Ke					
	1	2	3	4	5	6
1	18,1	20,5	23,1	25,5	29,3	42,4
2	13,1	15,5	17,1	23,8	29,2	37,8
3	15,2	18,4	22,2	24,6	27,2	42,9
4	17,9	20,4	24,4	26,6	29,8	36,2
5	16,9	19,2	22,6	27,2	29,7	40,6
6	14,5	17,4	20,7	21,6	29,5	40,2
7	14,1	17,1	19,7	23,9	28,2	39,1
8	17,4	19,3	21,2	24,4	29,1	37,9
9	15,6	18,4	19,7	23,2	29,7	34,3
10	14,9	17,7	20,1	25,7	29,2	38,7
11	18,7	21,6	25,1	27,6	29,6	37,9
12	14,2	17,3	19,7	23,6	27,2	38,2
13	16,9	19,6	21,7	24,2	28,6	42,4
14	16,2	18,6	22,7	26,2	30,3	37,4
15	20,1	24,4	26,4	28,5	32,2	49,3
16	12,1	14,5	17,8	24,3	30,4	44,2
17	16,9	21	24,2	27,4	32,2	46,4
18	17,8	19,8	21,7	26,4	30,6	36,4
19	17,2	20,4	24,2	29,3	33,4	48,4
20	18,1	22,5	25,8	27,5	30,2	37,7
Rata-rata	16,295	19,18	22,005	25,575	29,78	40,42

Lampiran 120

Proses pengukuran luas daun tanaman sawi pakcoy dengan menggunakan media kertas milimeter



Lampiran 121

Hasil perhitungan luas daun sawi pakcoy

Tanaman Ke	*Rata-rata Luas Daun Sawi Pakcoy Perlakuan Kontrol (cm²)			
	Minggu Ke			
	1	2	3	4
1	27,45	45,85	50,74286	85,15
2	26,25	42,2	60,425	211,2273
3	30,64286	49,67857	78,675	116,5385
4	28,91667	46,33333	76,67857	153,6786
5	32,16667	47,58333	103,925	134,6406
6	22	26,96429	80,1	171,85
7	26,21429	38,71429	67,52778	100,2292
8	31,07143	50,35714	87,225	155,4333
9	43,28571	63,35714	86,35	128,2781
10	14,7	31,7	59,21429	109,1346
11	29,625	46,375	117,4722	195,6136
12	35,8	50,6	122,0833	206,7679
13	51,125	84,375	122,0833	134,1731
14	18,6	27	66,4	290,75
15	52	68,45	138,2188	167,2143
16	38,45833	57,95833	102,6136	135,7955
17	32,16667	43,45833	79,625	134,0417
18	40,41667	64,04167	94,3	155,8864
19	45,25	57	76,32143	152,723
20	30,3	47,35	74,425	117,8333

**Rata-rata	32,82196	49,46732	87,22031	152,8479
--------------------	----------	----------	----------	----------

Tanaman Ke	*Rata-rata Luas Daun Sawi Pakcoy Perlakuan AOGS (cm²)			
	Minggu Ke			
	1	2	3	4
1	35,9	41,35	70,21875	84,025
2	40,7	45,05	79,19444	120,1458
3	41,6	44,33333	63,5625	91,05357
4	36,65	38,54167	64,44444	95,19643
5	38,45833	41,82143	71,81818	97,31818
6	51,08333	53,25	50,92857	125,6429
7	31,9	32,45833	53,925	73,32143
8	30,75	27,375	82,02778	99
9	25,6	28,95	54,925	100,7679
10	24,796	25,95833	68,37778	97,75
11	17,75	17,41667	68,37778	63,26667
12	34,29167	43,5	88,3125	148,0833
13	18,875	27,1	65,72222	111,2273
14	30,95833	36,65	83,69444	131,1042
15	35,85714	38,28571	62,225	149,1719
16	24,83333	28,60714	53,975	115,125
17	36,625	42,83333	89	106,3864
18	36,03571	39,79167	83,91667	143,075
19	33,85	28,625	62,775	122,6667
20	32,125	36,16667	75,27273	81,44643
**Rata-rata	32,93194	35,90321	69,63469	107,7887

Keterangan : * = Hasil perhitungan rata-rata luas daun sawi pakcoy dalam satu tanaman

** = Hasil perhitungan rata-rata luas daun sawi pakcoy pada kelompok perlakuan

Lampiran 122

Letak sumber stimulus AOGS pada tanaman uji coba sawi pakcoy



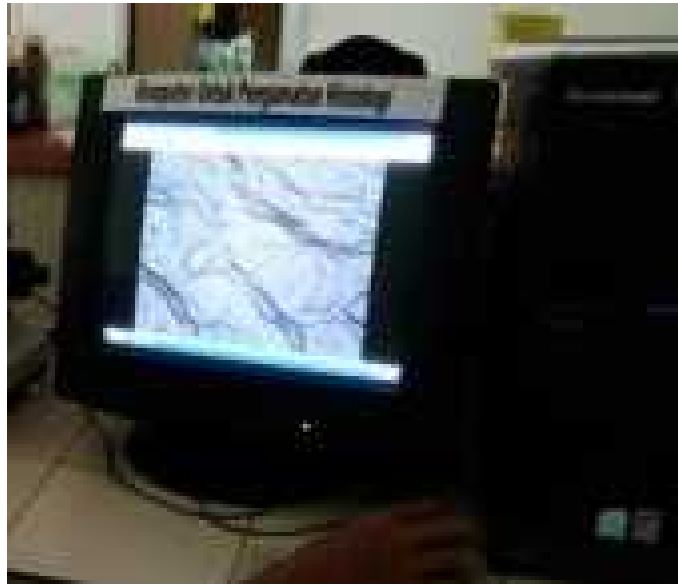
Lampiran 123

Sampel kaca preparat cetakan stomata daun sawi pakcoy menggunakan kutek bening



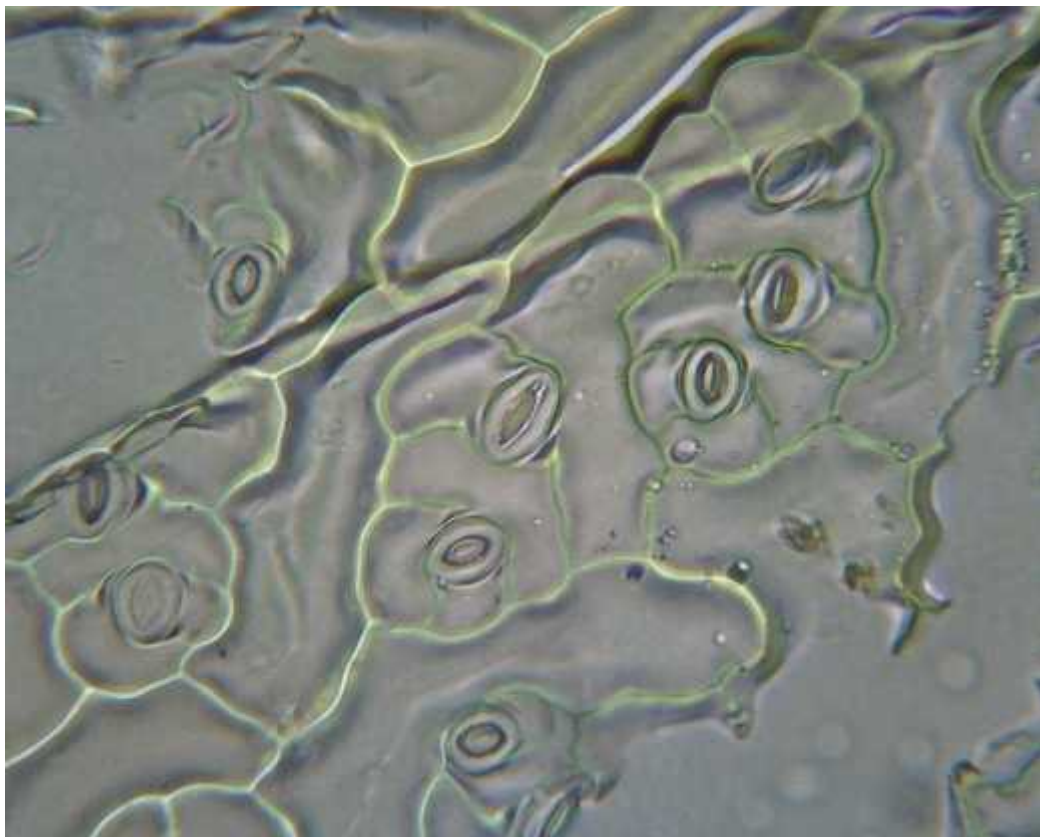
Lampiran 124

Proses pencarian dan pengukuran lebar stomata daun sawi pakcoy yang telah dicetak pada kutek yang terdapat pada kaca preparat menggunakan bantuan mikroskop



Lampiran 125

Sample hasil pengambilan data lebar pembukaan stomata

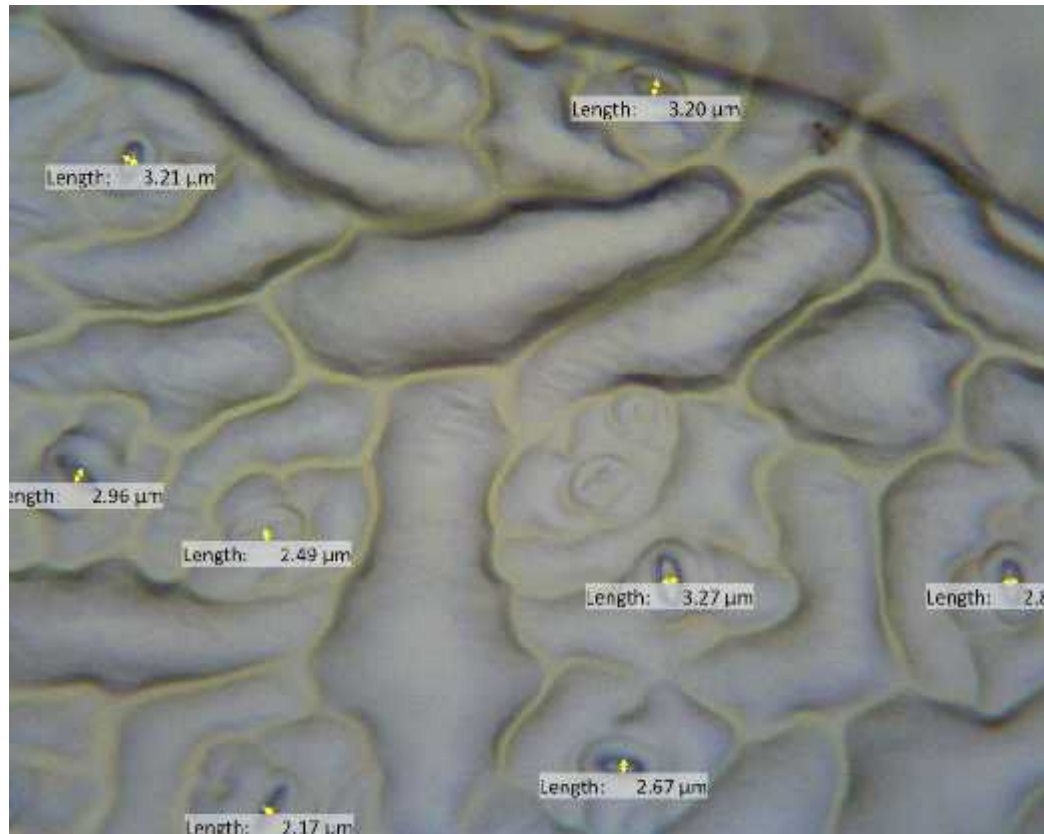


Lampiran 126

Hasil perhitungan lebar pembukaan stomata

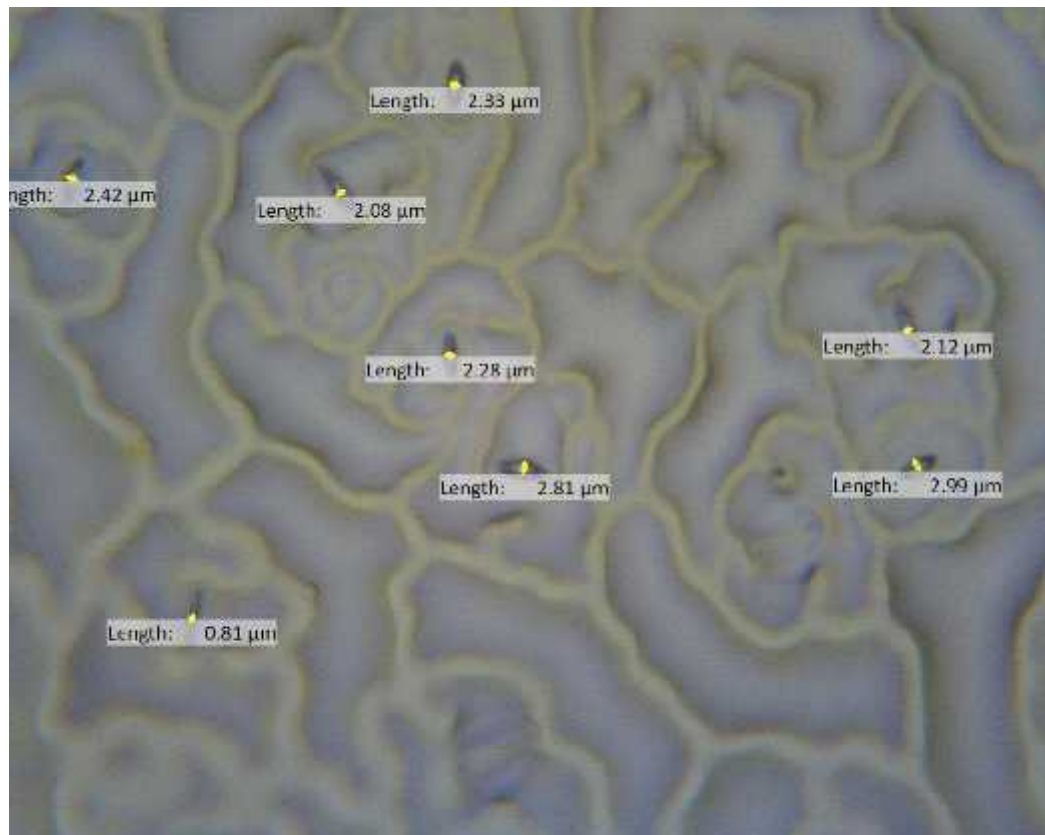
Perlakuan kontrol

Data ke 1



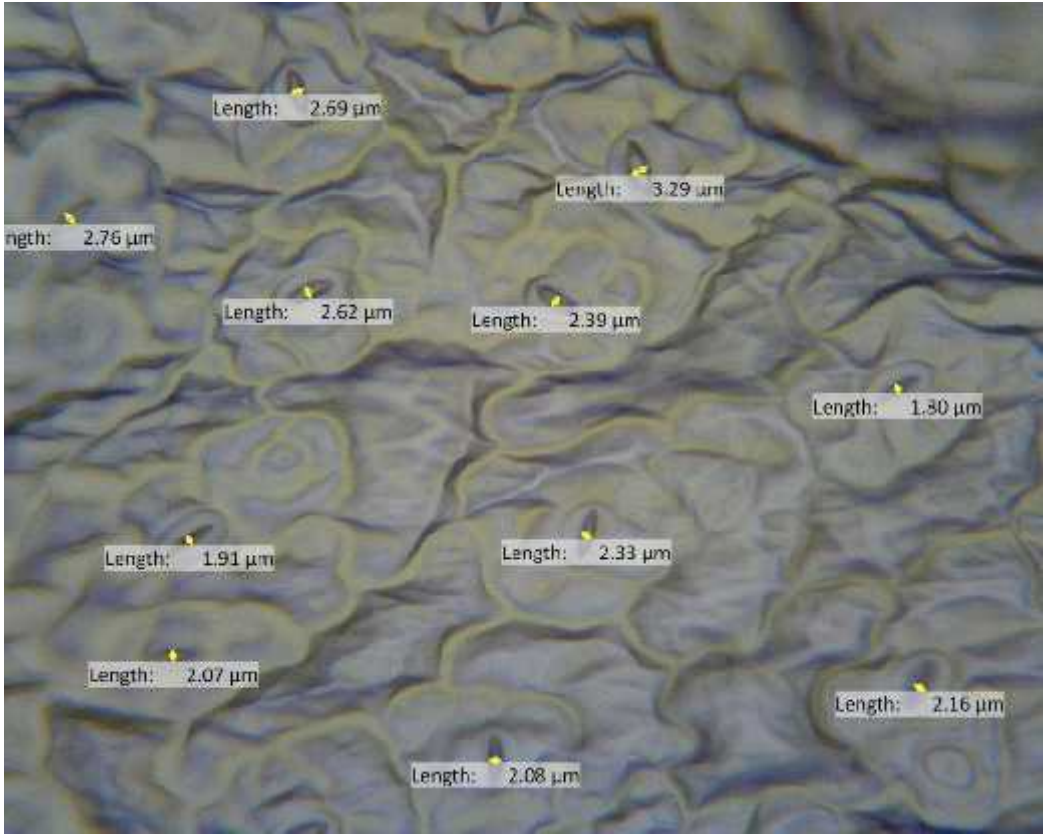
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,20	8	2,84625
2	3,21		
3	2,96		
4	2,49		
5	2,17		
6	2,67		
7	3,27		
8	2,80		

Data ke 2



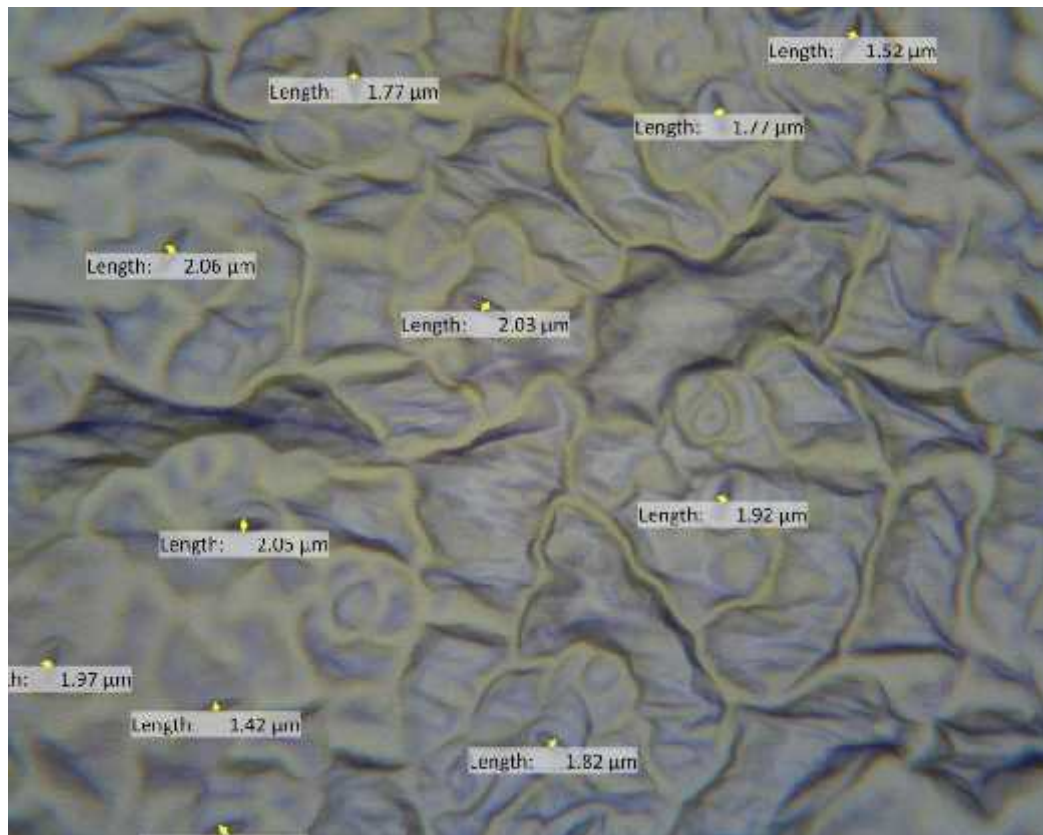
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,42	8	2,225
2	2,33		
3	2,08		
4	2,27		
5	2,80		
6	0,81		
7	2,98		
8	2,11		

Data ke 3



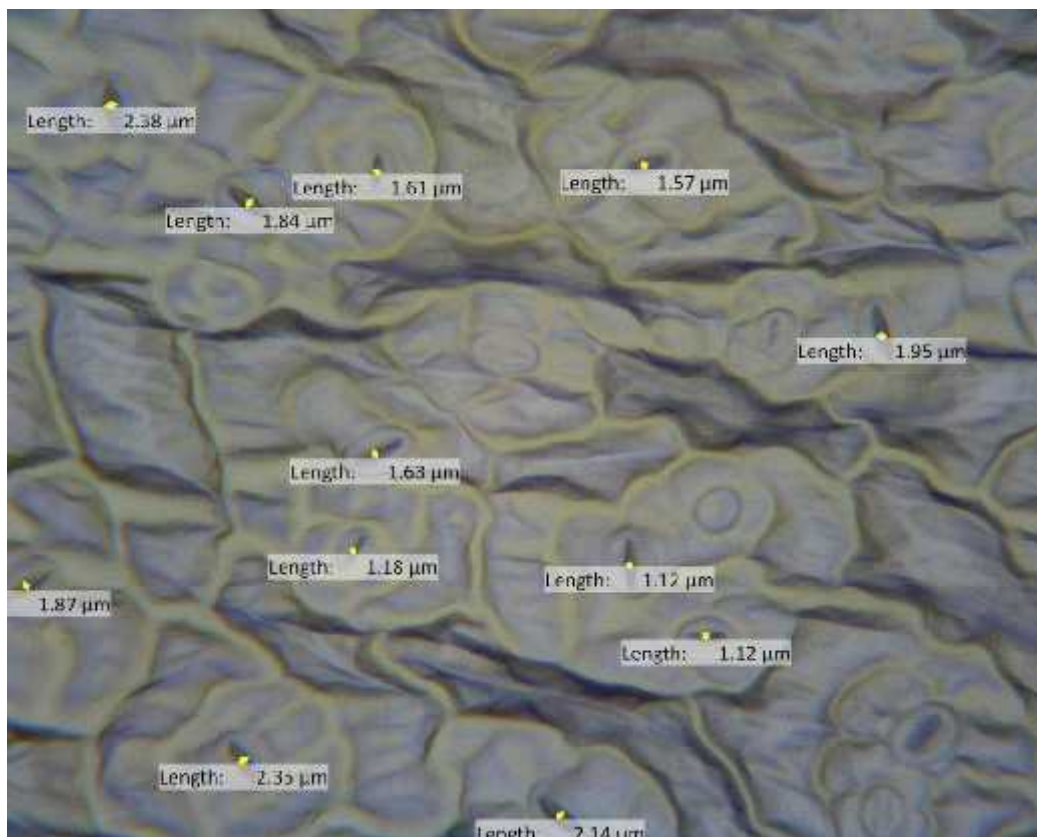
No	Lebar Stomata (µm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 µm	Rata-rata Lebar Stomata (µm)
1	2,69	11	2,370909
2	2,76		
3	2,63		
4	1,91		
5	2,07		
6	2,08		
7	2,32		
8	2,39		
9	3,28		
10	1,79		
11	2,16		

Data ke 4



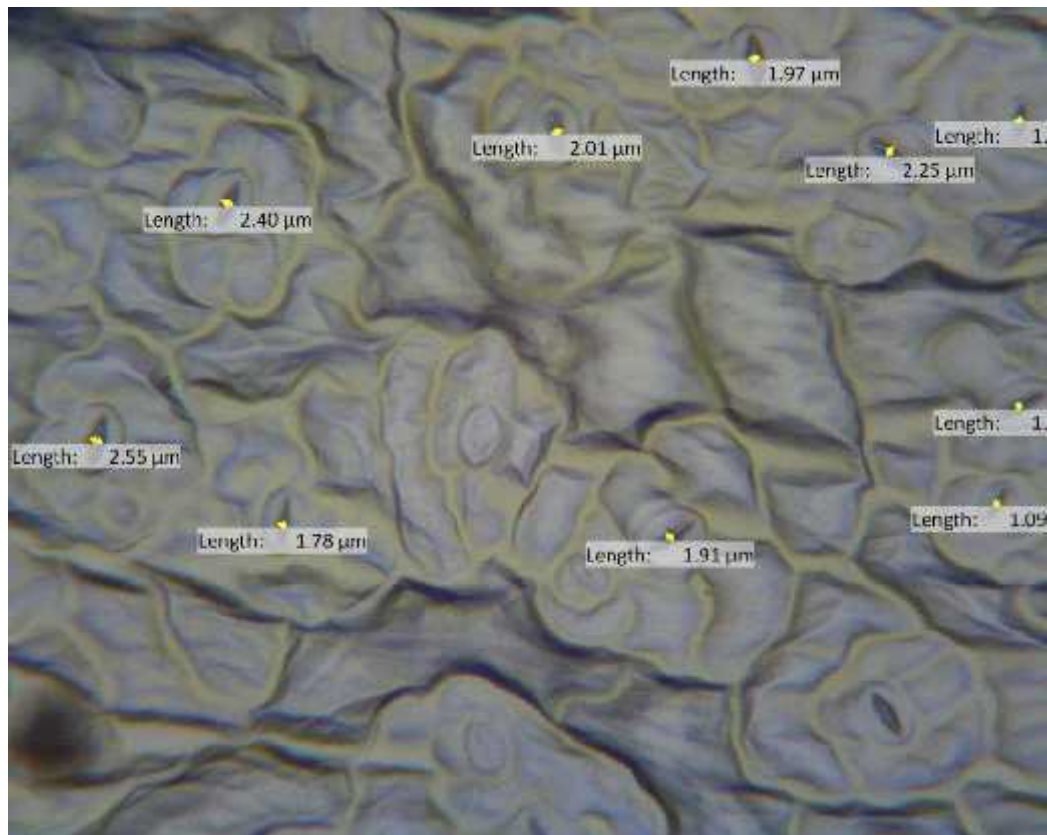
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	1,52	10	1,933
2	1,77		
3	1,77		
4	2,06		
5	2,03		
6	1,92		
7	2,05		
8	1,97		
9	2,42		
10	1,82		

Data ke 5



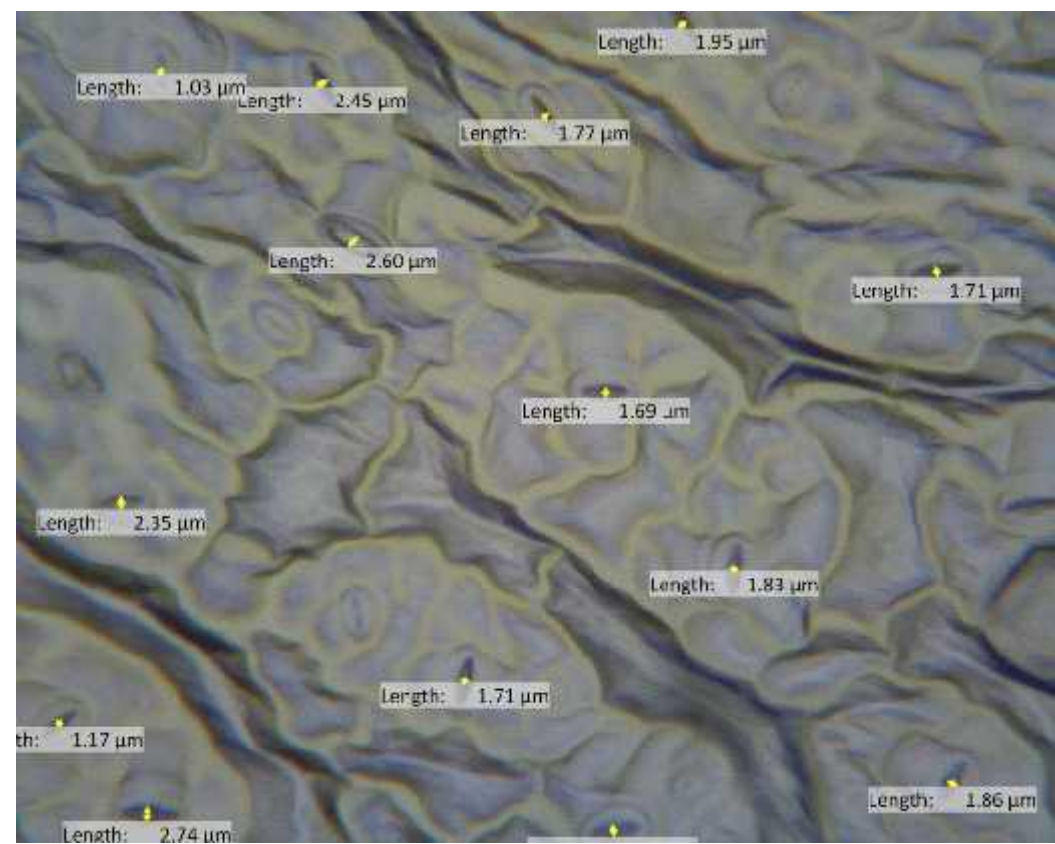
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,38	12	1,897
2	1,84		
3	1,51		
4	1,57		
5	1,95		
6	1,63		
7	1,87		
8	1,18		
9	1,12		
10	2,35		
11	2,14		
12	1,12		

Data ke 6



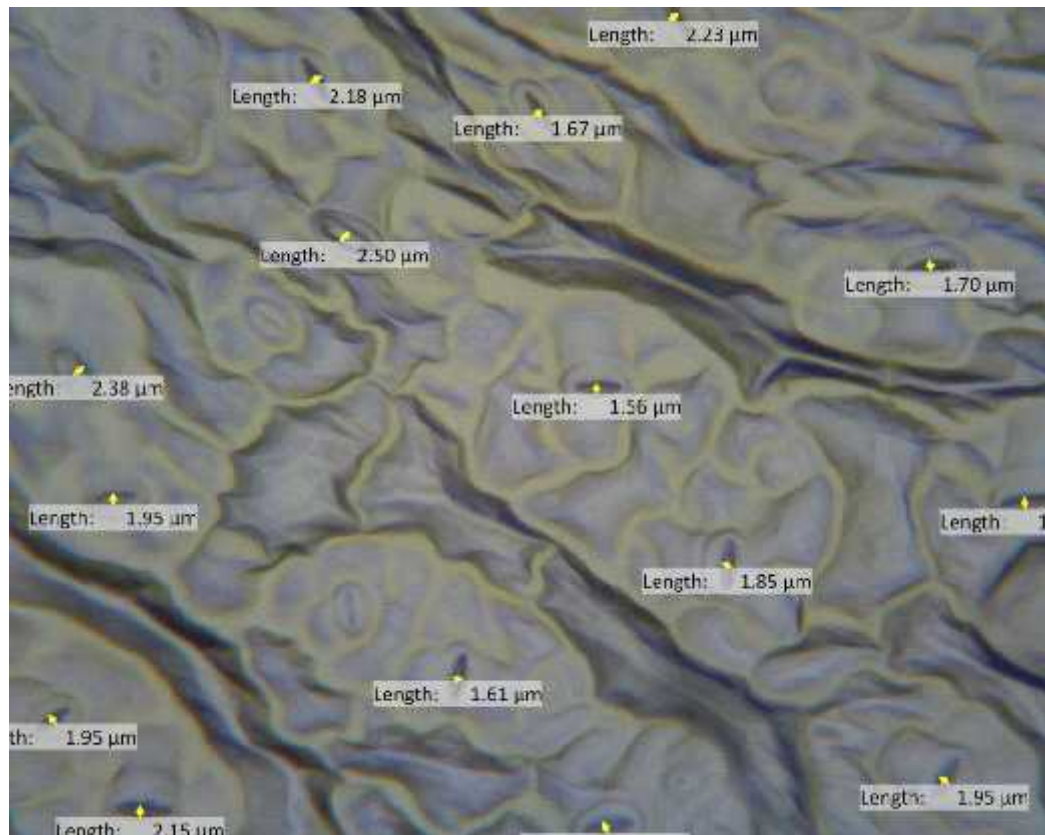
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	1,97	10	1,897
2	2,01		
3	2,25		
4	1,00		
5	2,00		
6	1,09		
7	1,91		
8	1,78		
9	2,40		
10	2,56		

Data ke 7



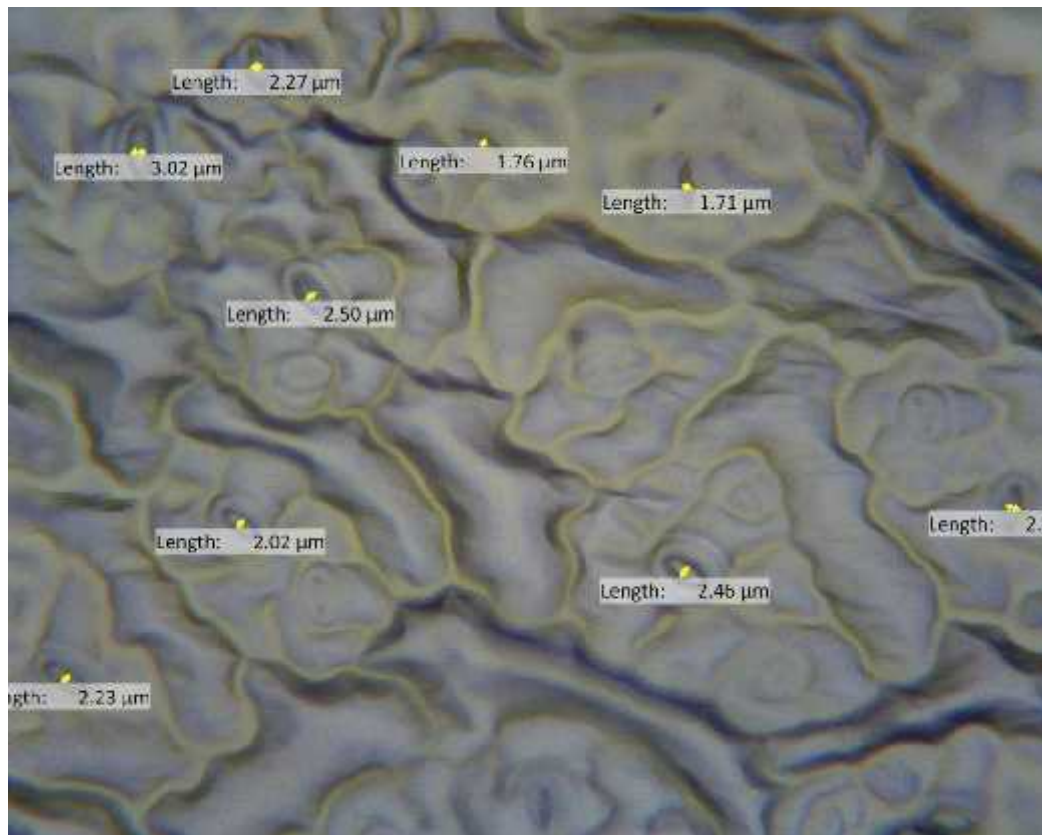
No	Lebar Stomata (µm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 µm	Rata-rata Lebar Stomata (µm)
1	1,95	13	1,989231
2	2,45		
3	2,60		
4	1,71		
5	1,71		
6	2,17		
7	2,74		
8	2,35		
9	1,77		
10	1,03		
11	1,69		
12	1,83		
13	1,86		

Data ke 8



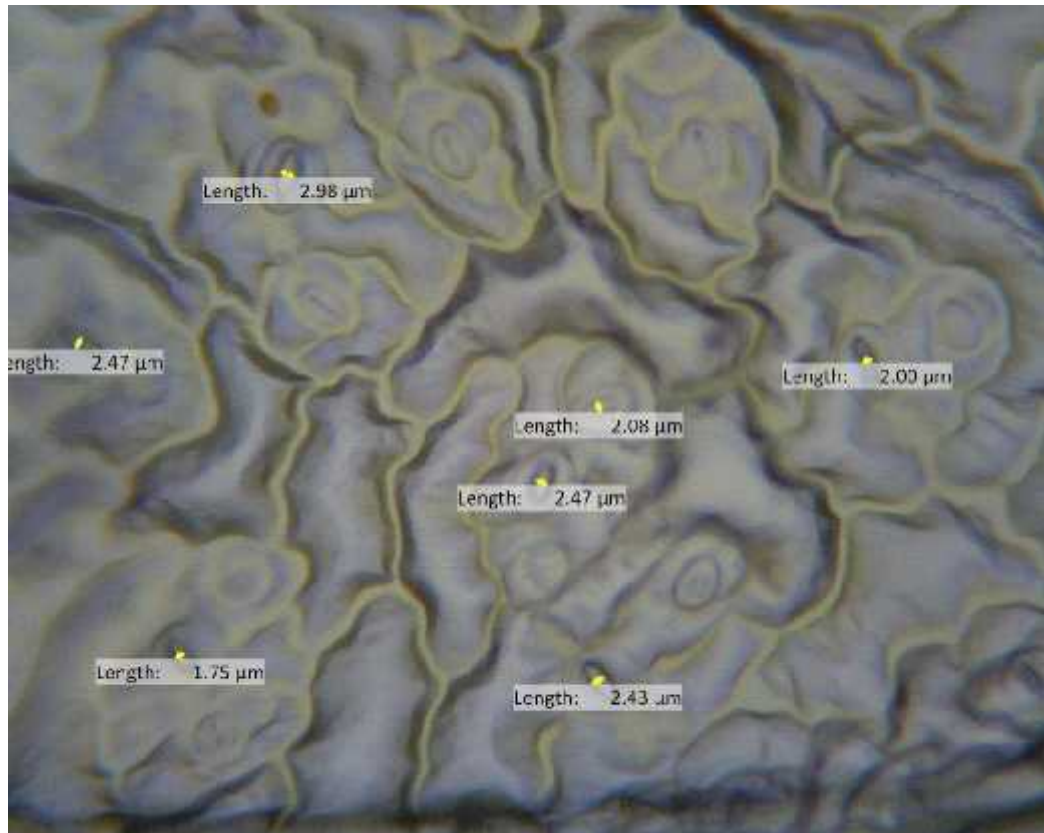
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,23	14	1,905714
2	2,18		
3	1,67		
4	2,50		
5	2,38		
6	1,56		
7	1,70		
8	1,00		
9	1,85		
10	1,95		
11	1,61		
12	1,95		
13	1,95		
14	2,15		

Data ke 9



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,27	9	2,314444
2	2,50		
3	2,23		
4	1,71		
5	2,86		
6	2,02		
7	1,76		
8	2,46		
9	3,02		

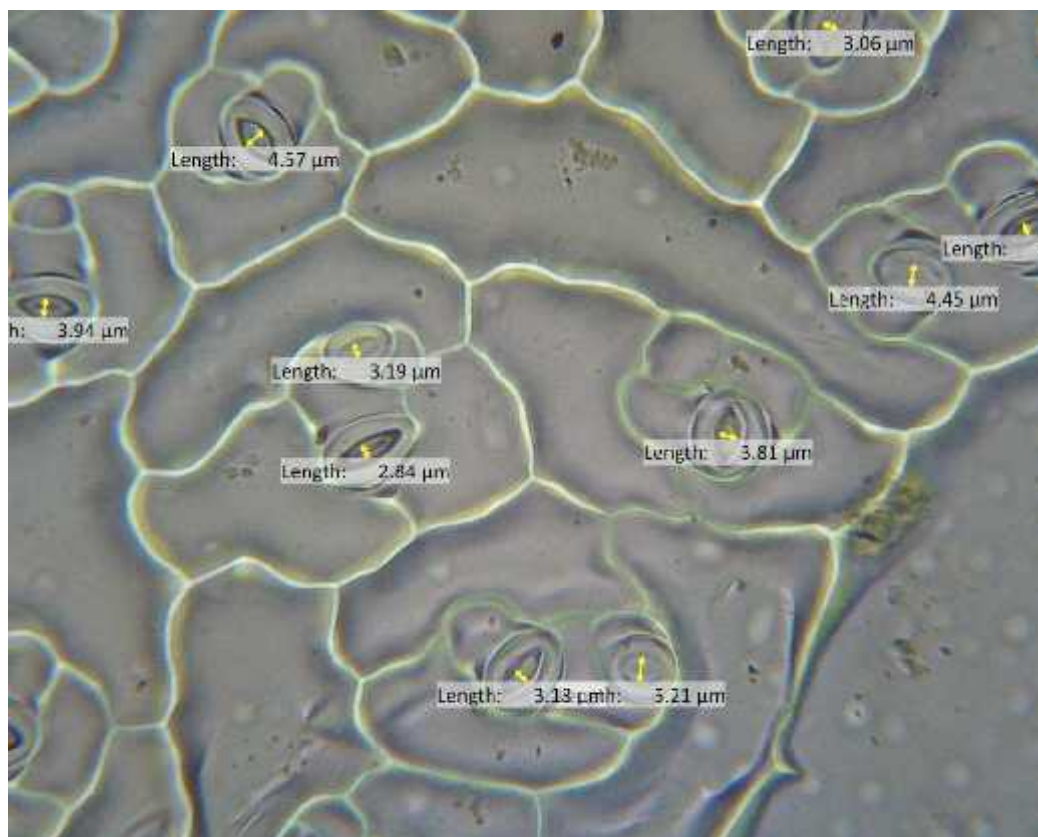
Data ke 10



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,98	7	2,311429
2	2,00		
3	2,08		
4	2,47		
5	2,43		
6	1,75		
7	2,47		

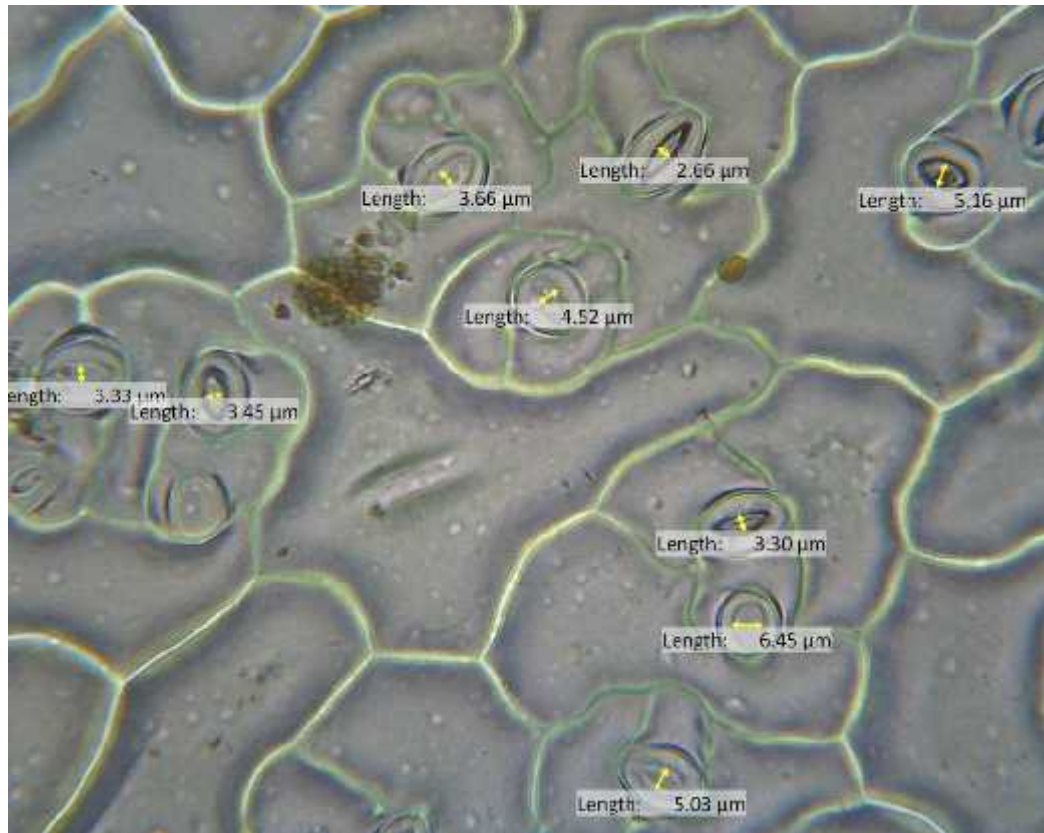
AOGS ke tanaman dengan jarak 60 cm

Data ke 1



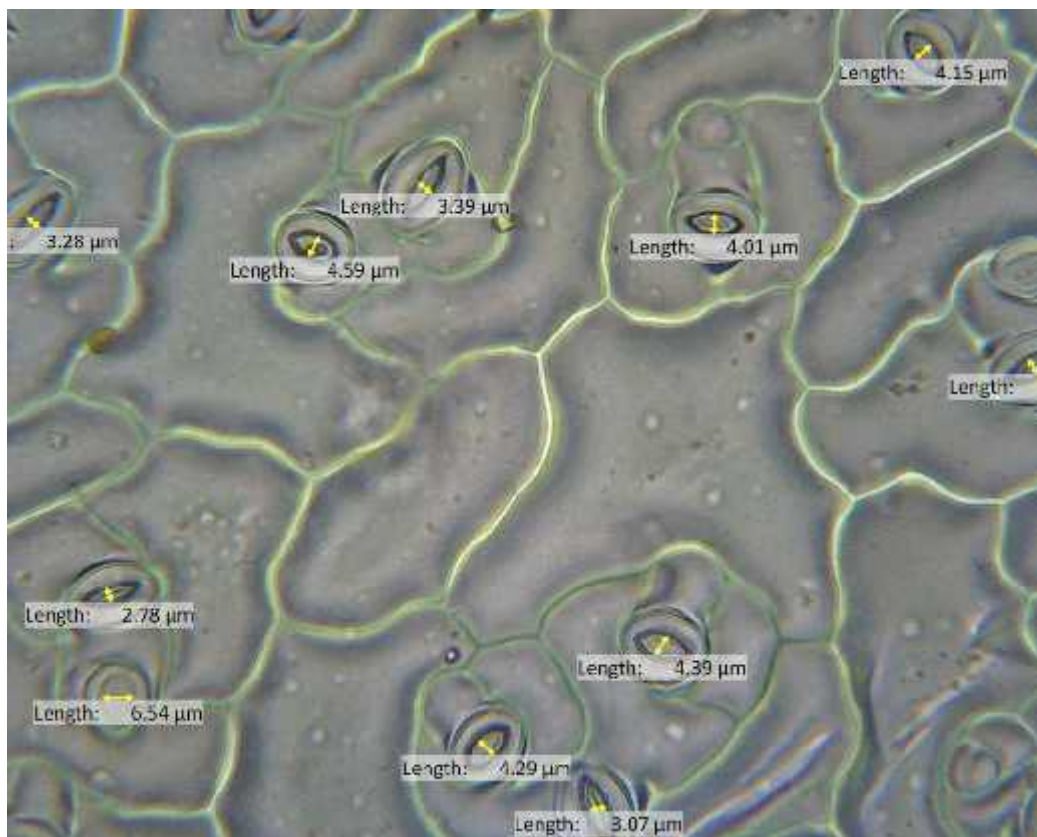
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,06	10	3,635
2	2,00		
3	4,45		
4	3,81		
5	5,21		
6	3,28		
7	2,84		
8	3,19		
9	4,57		
10	3,94		

Data ke 2



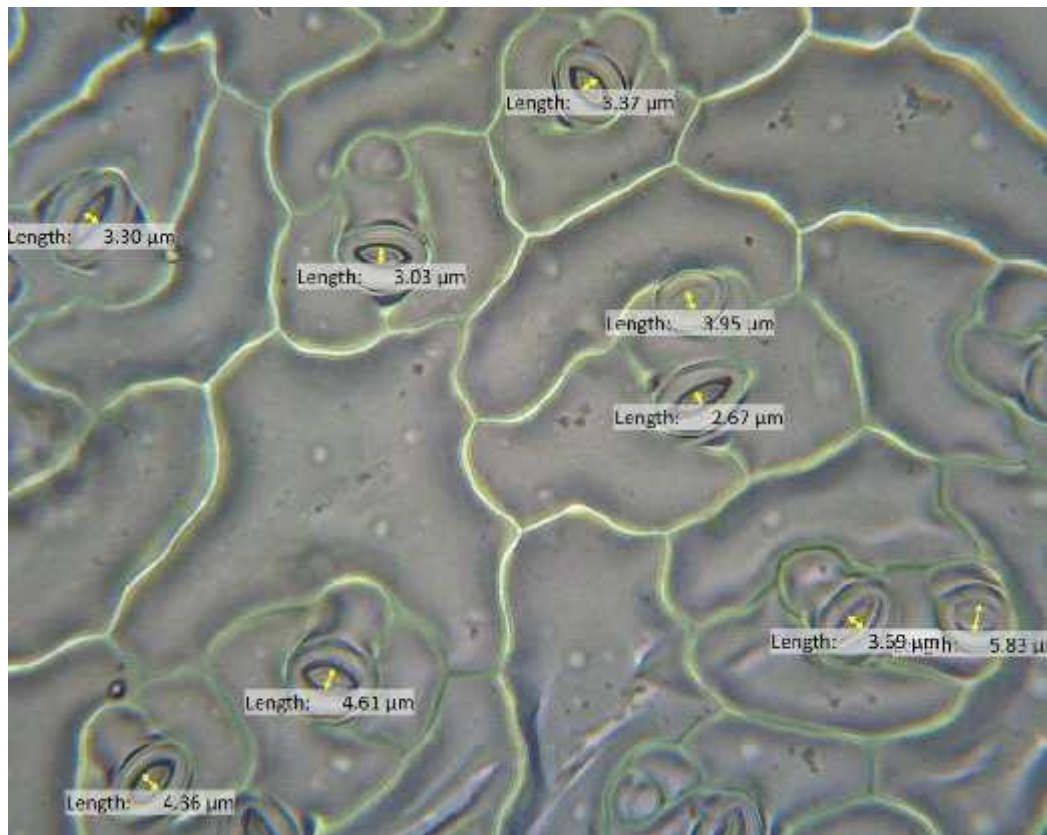
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,66	9	4,217778
2	3,66		
3	5,56		
4	4,52		
5	3,30		
6	6,45		
7	5,03		
8	3,45		
9	3,33		

Data ke 3



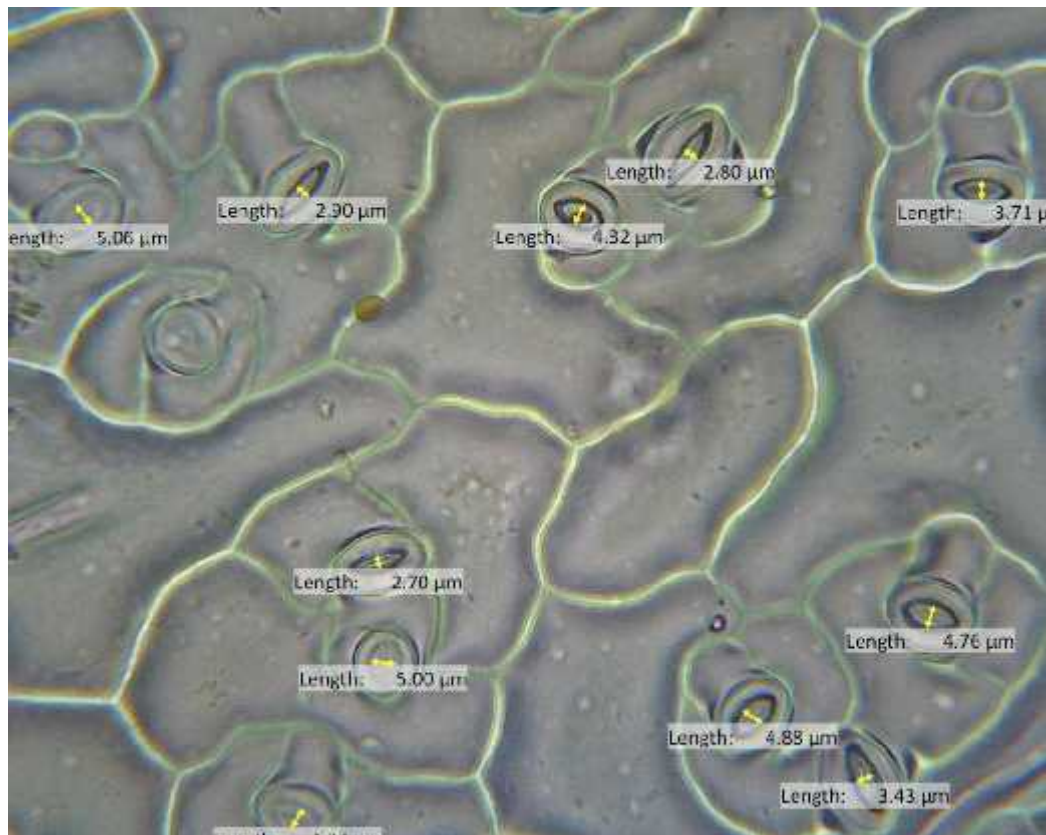
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	4,15	10	4,049
2	4,59		
3	3,39		
4	4,01		
5	4,39		
6	4,29		
7	3,07		
8	2,78		
9	6,54		
10	3,28		

Data ke 4



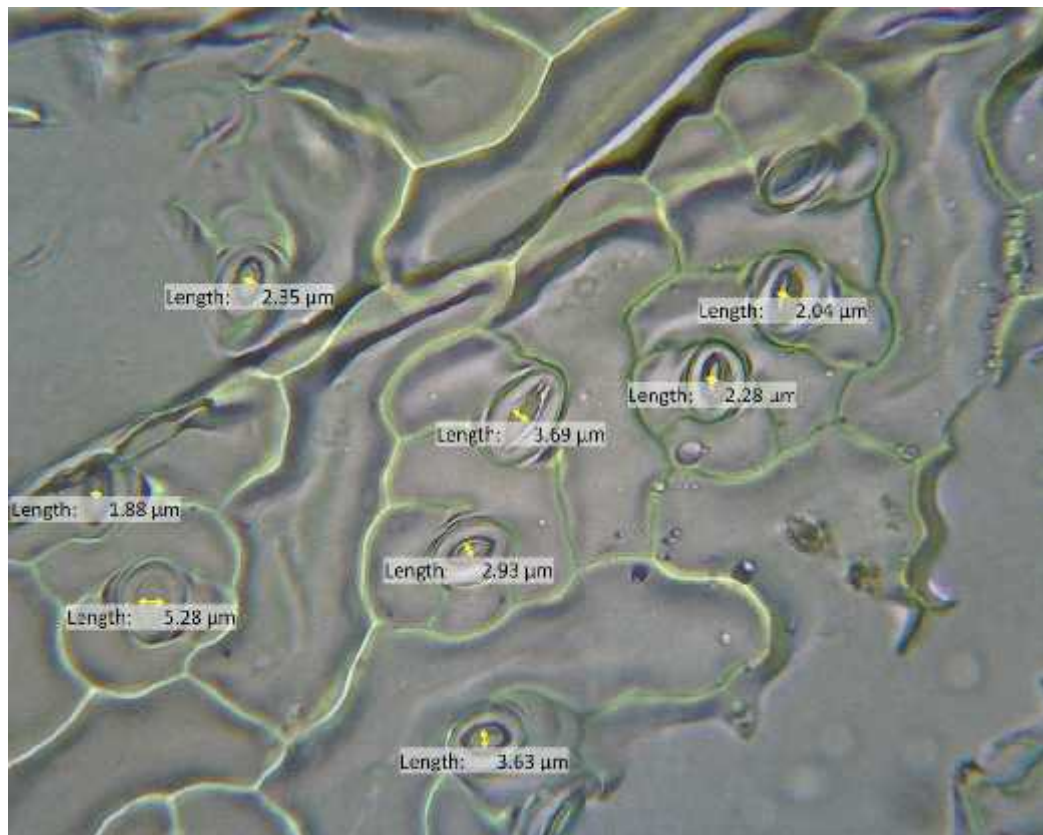
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,37	9	3,867778
2	3,30		
3	3,03		
4	3,95		
5	2,67		
6	3,69		
7	5,83		
8	4,61		
9	4,36		

Data ke 5



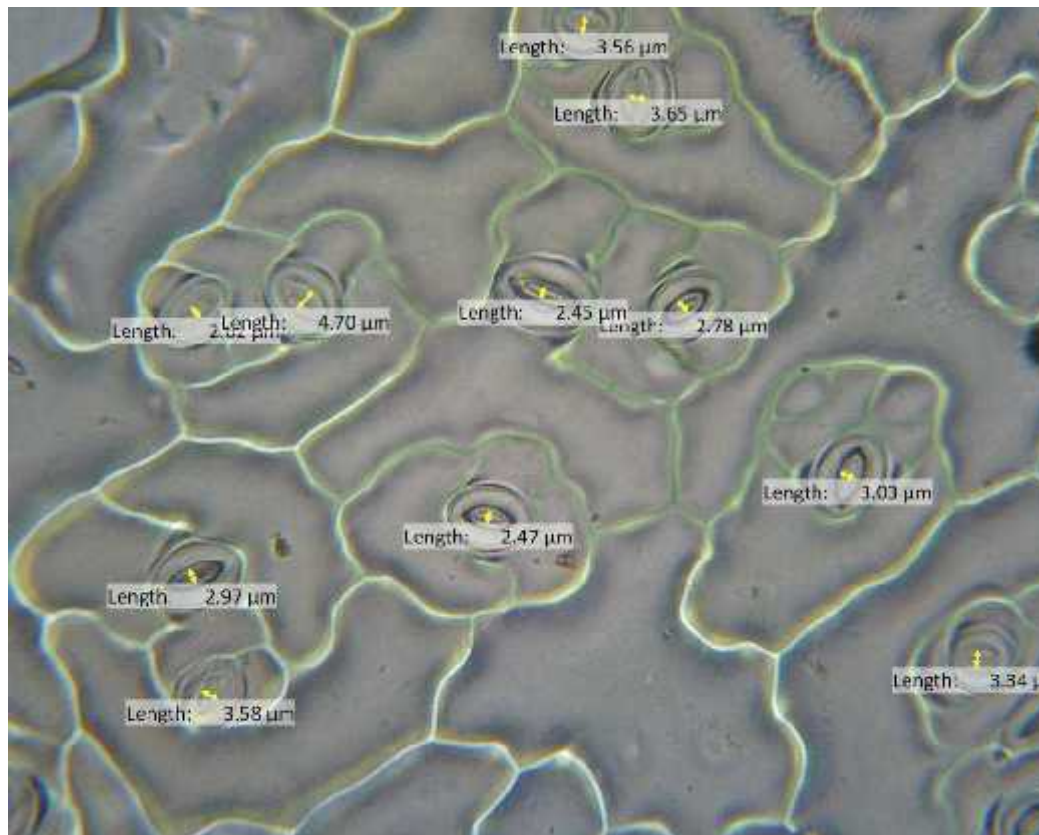
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	5,06	10	3,956
2	2,90		
3	4,32		
4	2,80		
5	3,71		
6	2,70		
7	5,00		
8	4,76		
9	4,88		
10	3,43		

Data ke 6



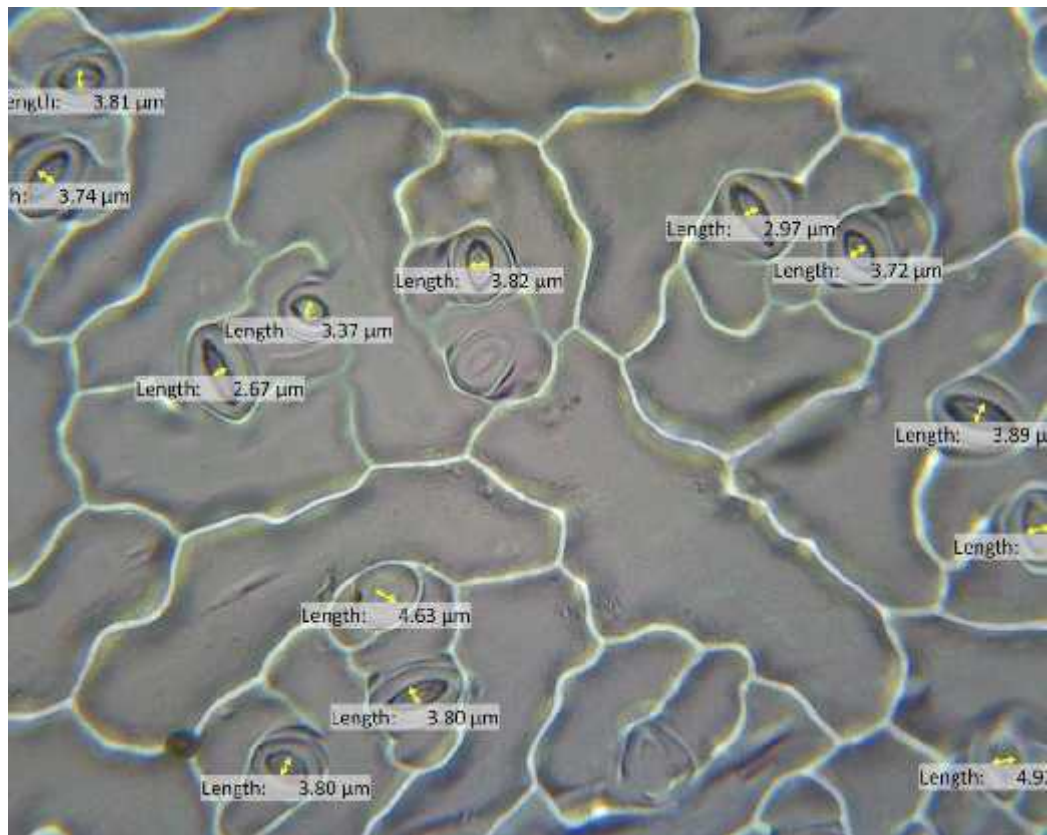
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,04	8	3,01
2	2,28		
3	3,69		
4	2,93		
5	3,63		
6	2,35		
7	1,88		
8	5,28		

Data ke 7



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,56	11	3,140909
2	2,02		
3	2,45		
4	2,97		
5	3,58		
6	2,47		
7	3,03		
8	3,34		
9	3,65		
10	4,70		
11	2,78		

Data ke 8



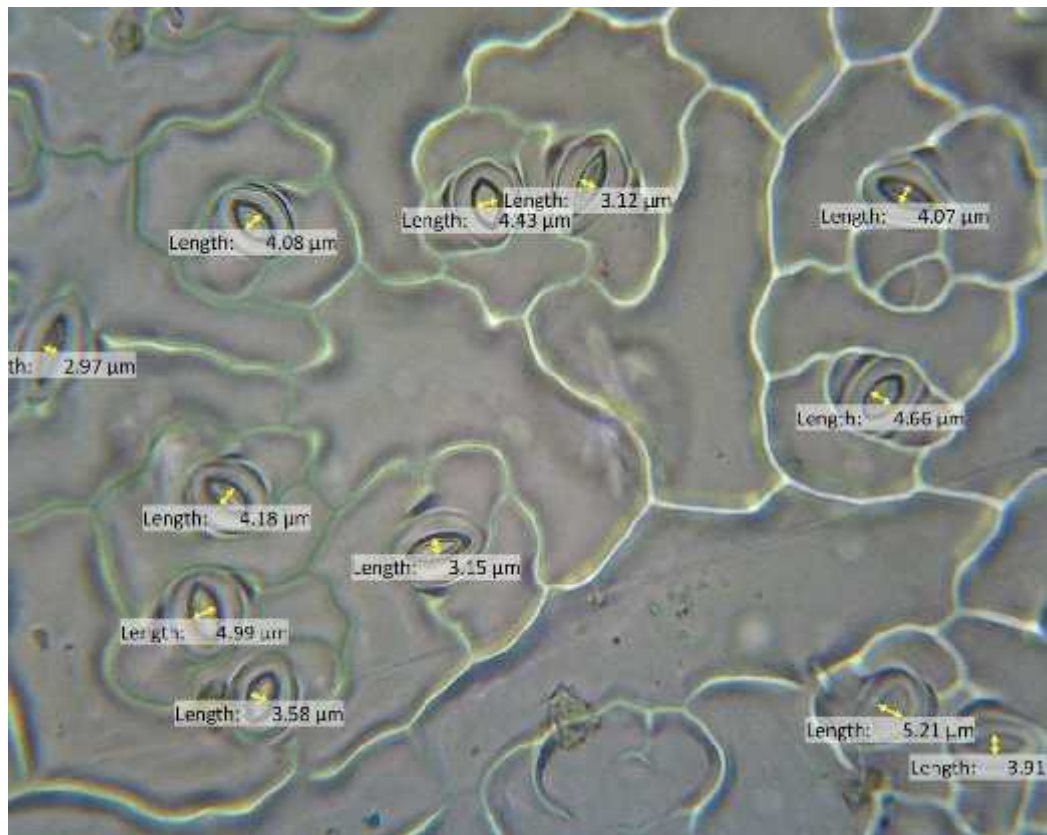
No	Lebar Stomata (µm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 µm	Rata-rata Lebar Stomata (µm)
1	3,81	12	3,7625
2	3,74		
3	2,67		
4	3,37		
5	3,82		
6	2,97		
7	3,72		
8	3,89		
9	4,93		
10	4,63		
11	3,80		
12	3,80		

Data ke 9



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	4,71	10	3,779
2	2,42		
3	3,39		
4	2,62		
5	4,18		
6	4,45		
7	4,51		
8	3,52		
9	5,50		
10	2,49		

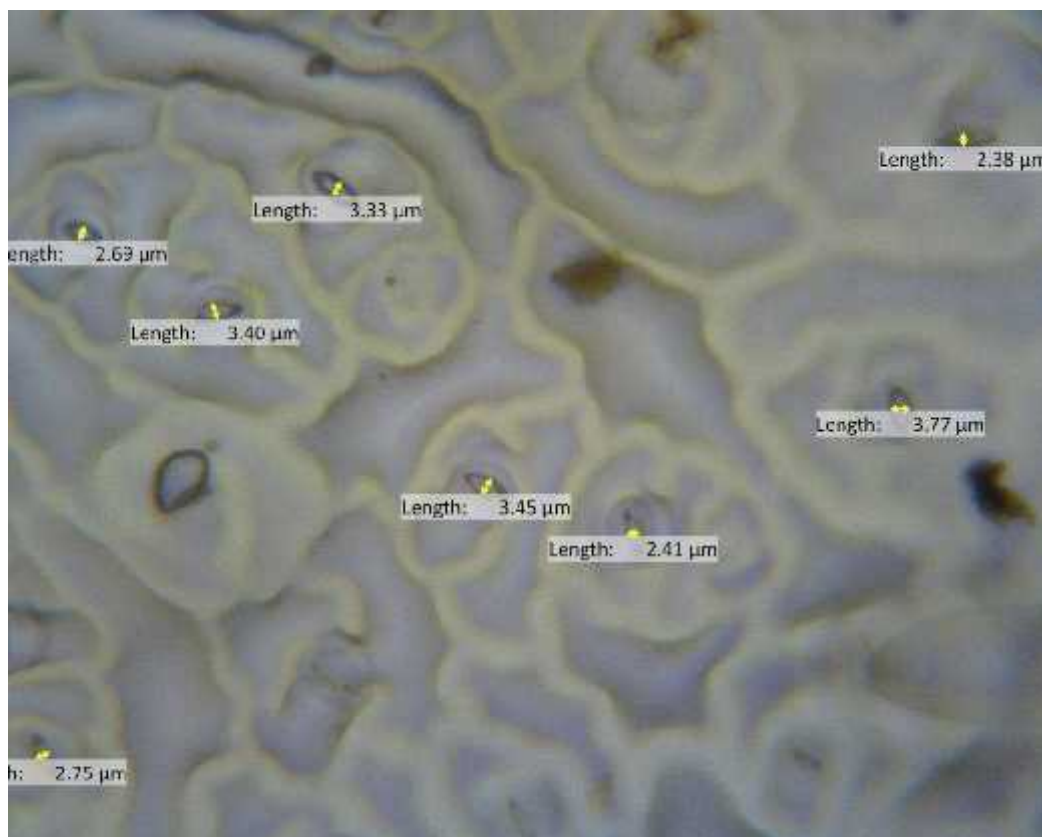
Data ke 10



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	4,08	12	4,029167
2	3,12		
3	4,66		
4	3,91		
5	4,18		
6	3,15		
7	4,99		
8	3,58		
9	4,43		
10	4,07		
11	5,21		
12	2,97		

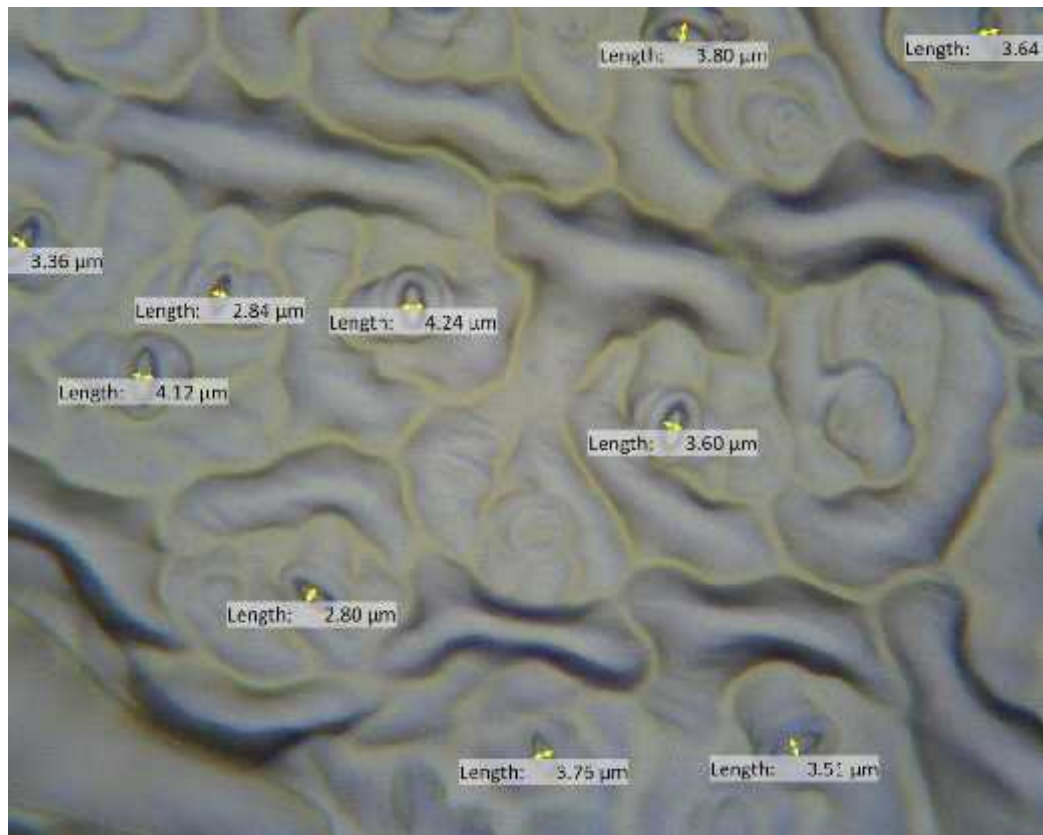
AOGS ke tanaman dengan jarak 90 cm

Data ke 1



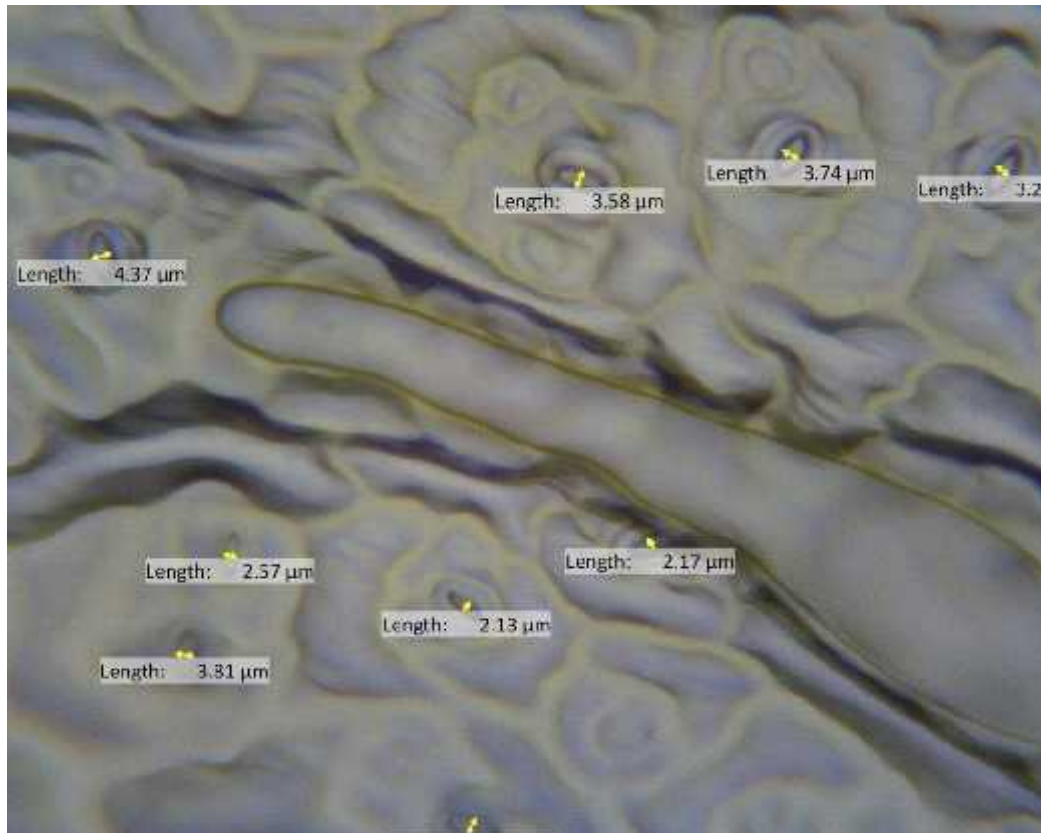
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,38	8	3,0225
2	3,33		
3	2,69		
4	3,40		
5	3,45		
6	2,41		
7	3,77		
8	2,75		

Data ke 2



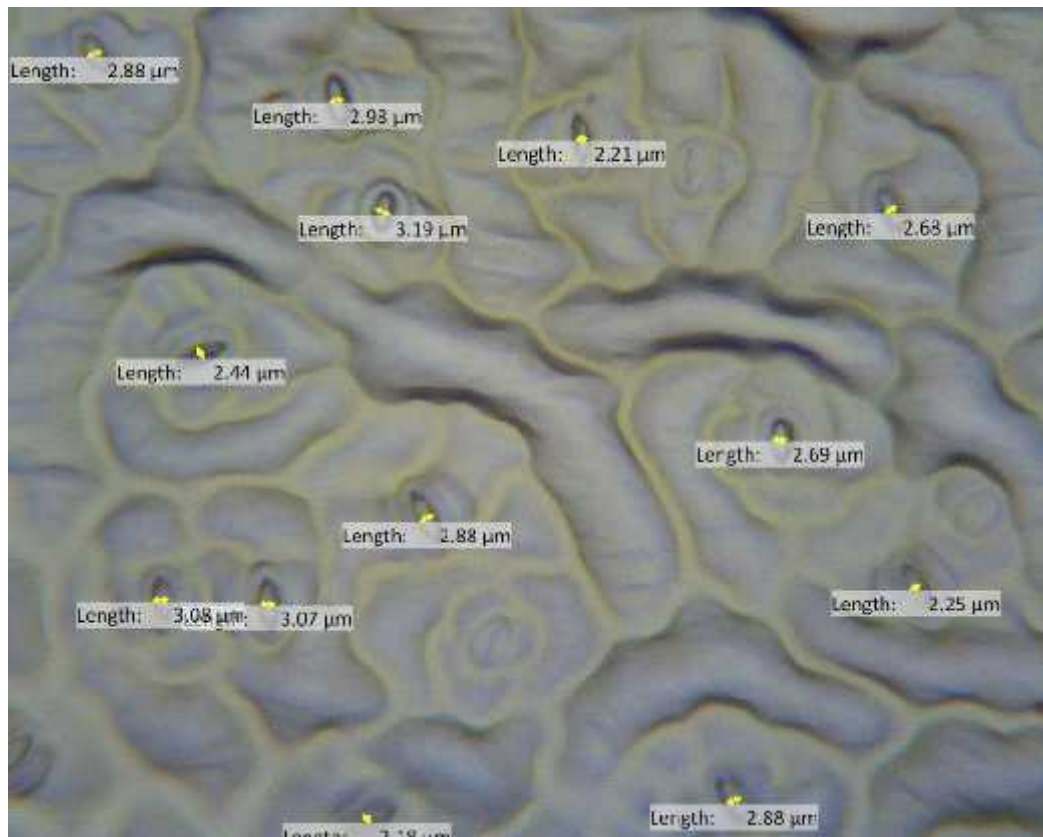
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,36	8	3,52875
2	2,84		
3	4,24		
4	3,60		
5	4,12		
6	2,80		
7	3,76		
8	3,51		

Data ke 3



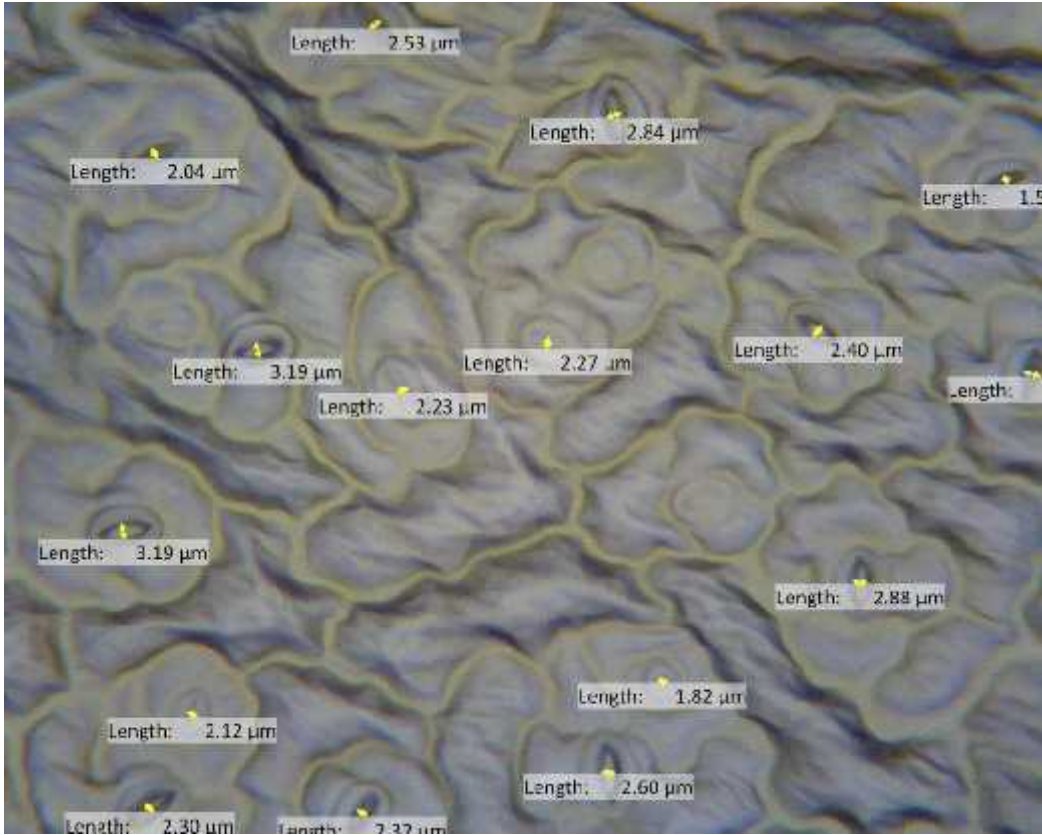
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	4,37	8	3,19625
2	3,58		
3	3,74		
4	3,20		
5	2,57		
6	3,81		
7	2,13		
8	2,17		

Data ke 4



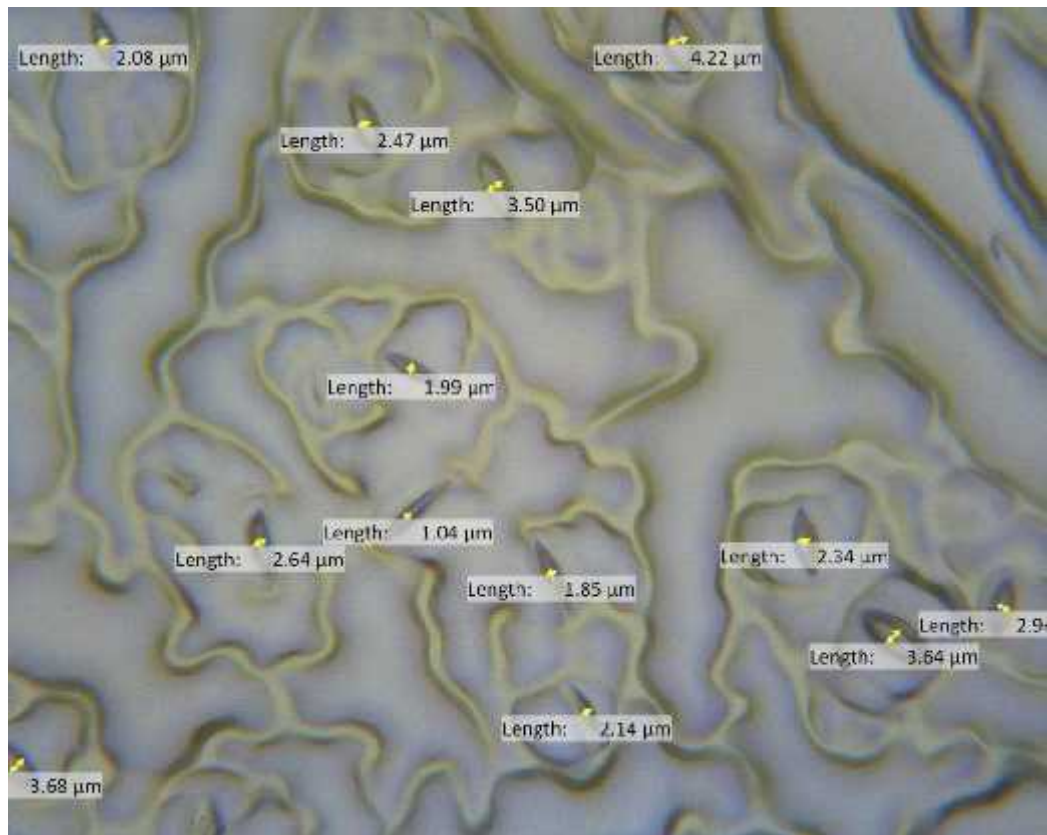
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,88	13	2,747692
2	2,98		
3	2,21		
4	2,68		
5	3,19		
6	2,44		
7	2,69		
8	2,25		
9	2,88		
10	2,18		
11	3,07		
12	3,08		
13	3,19		

Data ke 5



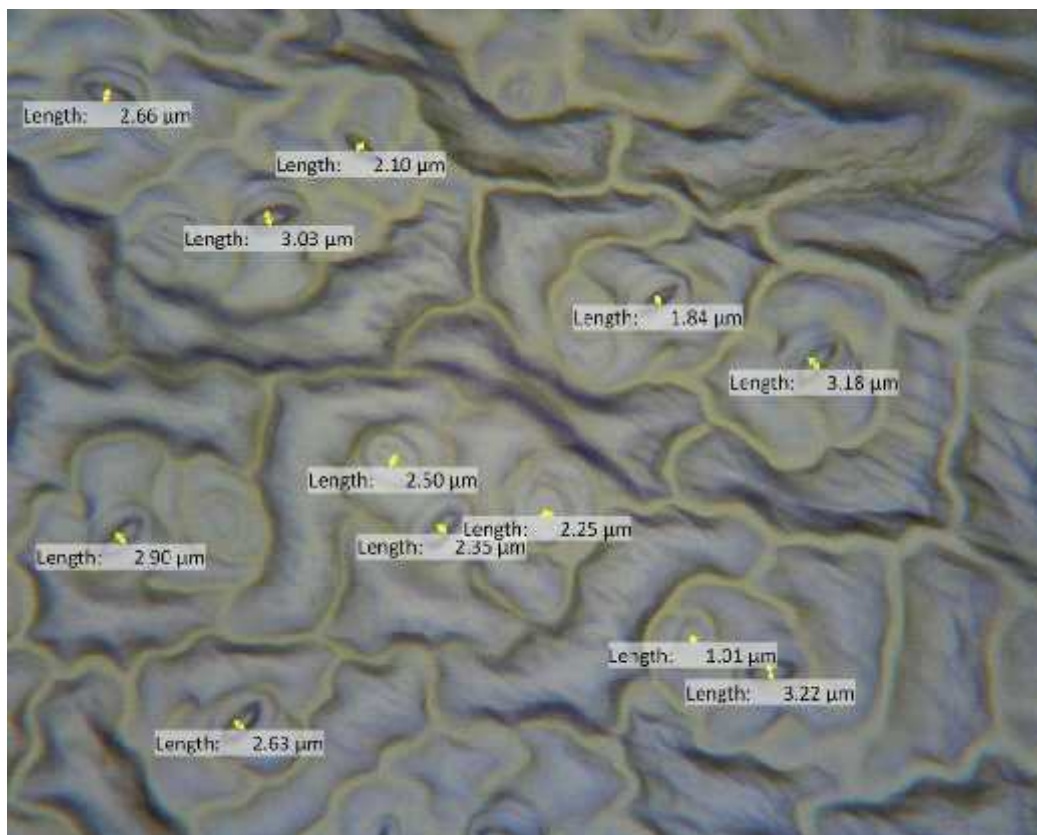
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,53	15	2,418667
2	2,04		
3	2,84		
4	1,50		
5	3,19		
6	2,23		
7	2,27		
8	2,40		
9	3,19		
10	2,12		
11	2,30		
12	2,37		
13	2,60		
14	1,82		
15	2,88		

Data ke 6



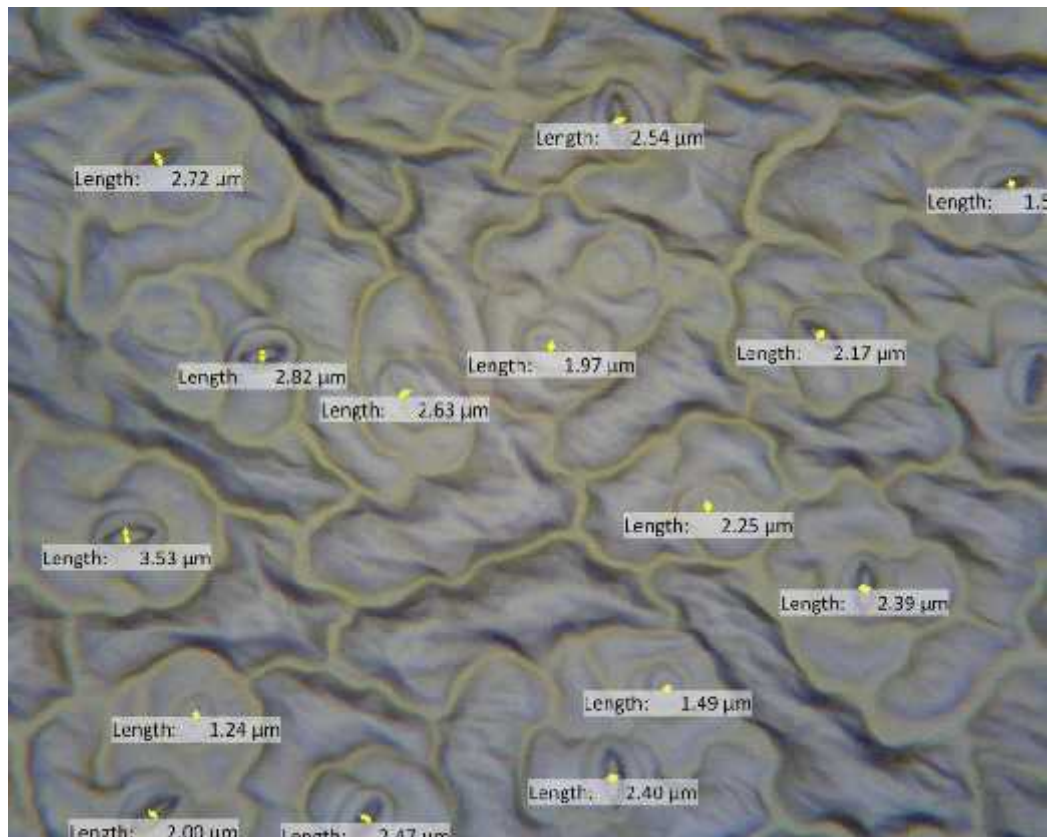
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,08	13	2,655385
2	4,22		
3	1,99		
4	1,04		
5	2,14		
6	2,94		
7	3,64		
8	3,68		
9	2,47		
10	3,50		
11	2,64		
12	1,84		
13	2,34		

Data ke 7



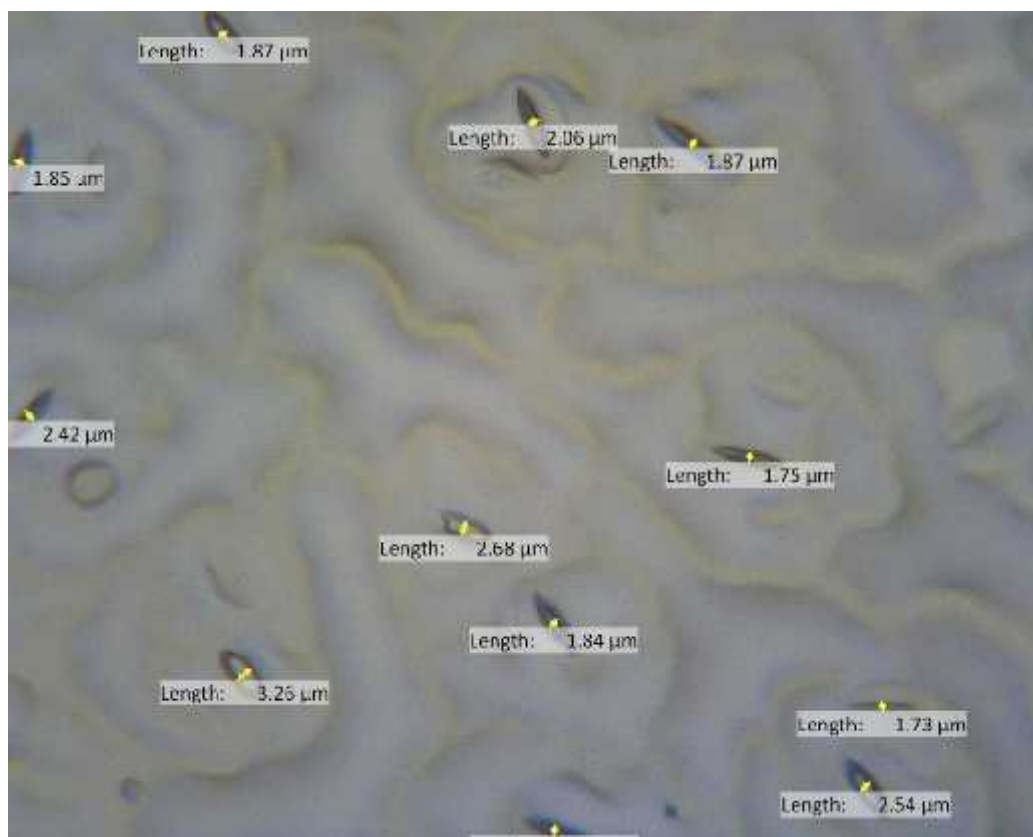
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,66	12	2,473333
2	3,03		
3	3,18		
4	2,90		
5	2,35		
6	1,01		
7	3,22		
8	2,64		
9	2,10		
10	1,84		
11	2,50		
12	2,25		

Data ke 8



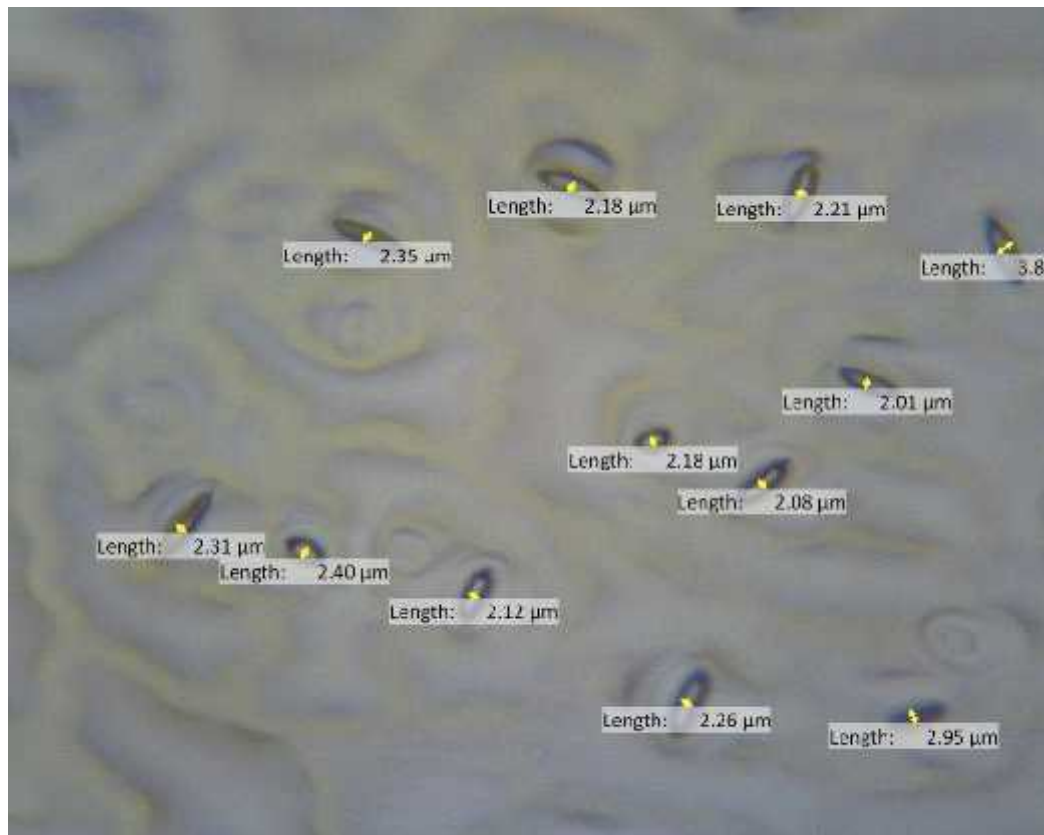
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,54	14	2,260714
2	1,50		
3	2,63		
4	2,17		
5	2,39		
6	2,40		
7	1,24		
8	2,00		
9	2,72		
10	2,82		
11	1,97		
12	2,25		
13	1,49		
14	3,53		

Data ke 9



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	1,87	10	2,211
2	1,87		
3	2,42		
4	3,26		
5	2,68		
6	1,84		
7	1,72		
8	2,54		
9	2,06		
10	1,85		

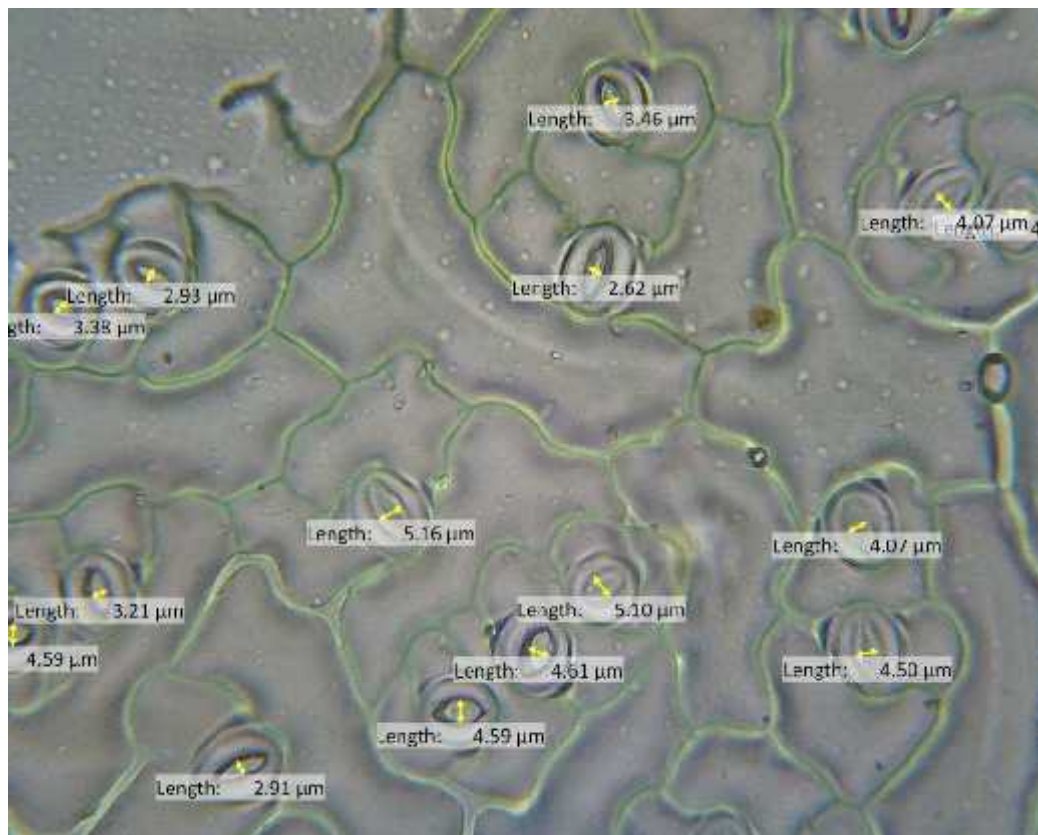
Data ke 10



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,35	12	2,4075
2	2,21		
3	2,01		
4	2,08		
5	2,40		
6	2,12		
7	2,26		
8	2,95		
9	2,18		
10	3,84		
11	2,18		
12	2,31		

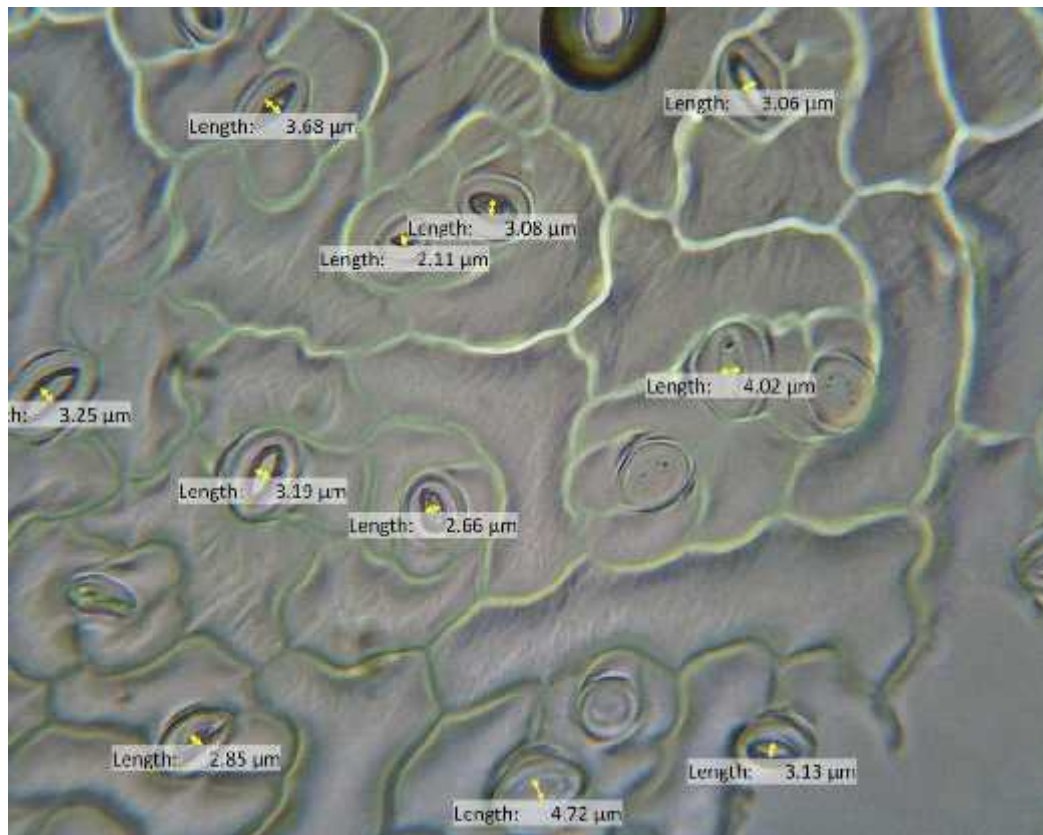
AOGS ke tanaman dengan jarak 120 cm

Data ke 1



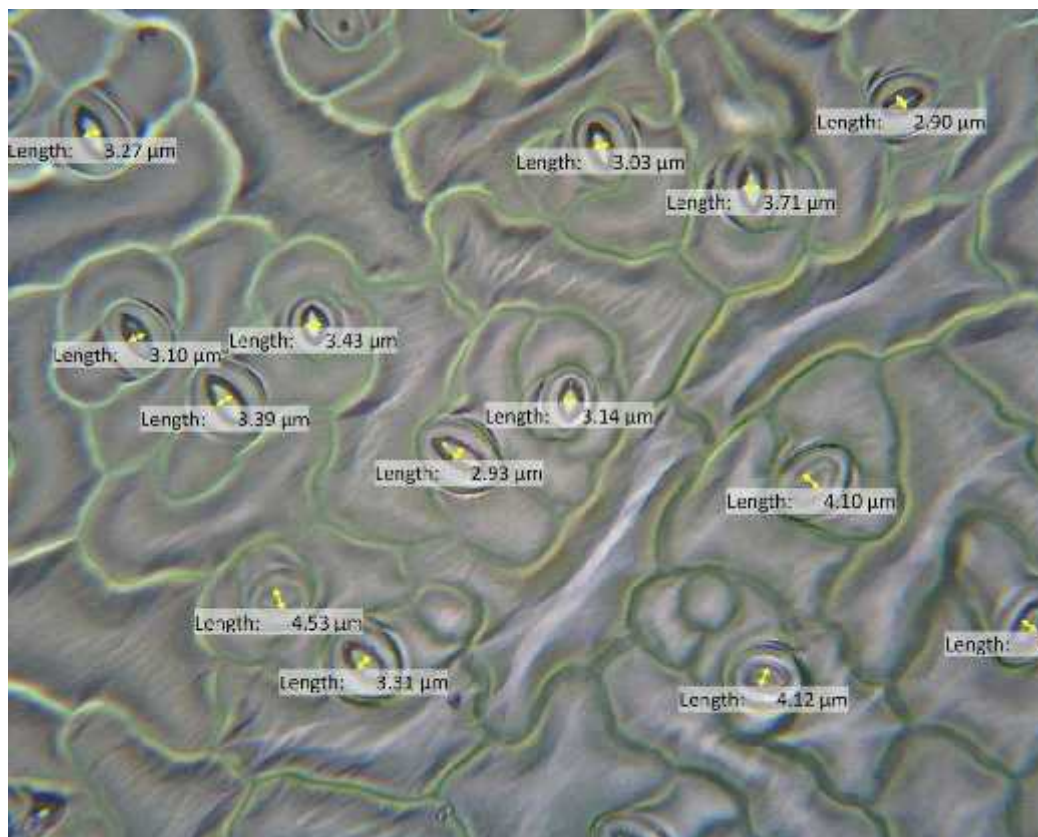
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,46	14	3,906429
2	2,62		
3	3,38		
4	4,59		
5	2,91		
6	4,61		
7	4,07		
8	4,50		
9	4,07		
10	2,93		
11	3,21		
12	5,16		
13	4,59		
14	4,59		

Data ke 2



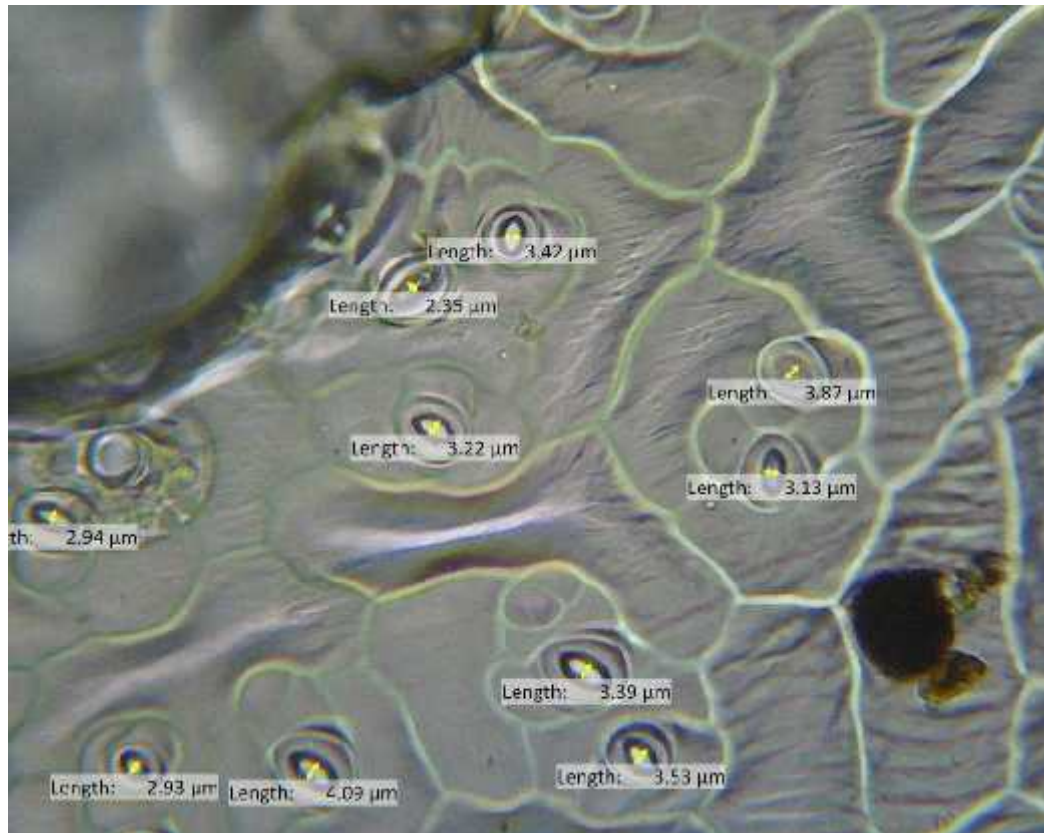
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,68	11	3,11
2	3,08		
3	3,25		
4	2,66		
5	3,13		
6	3,06		
7	4,06		
8	2,11		
9	3,19		
10	2,85		
11	4,72		

Data ke 3



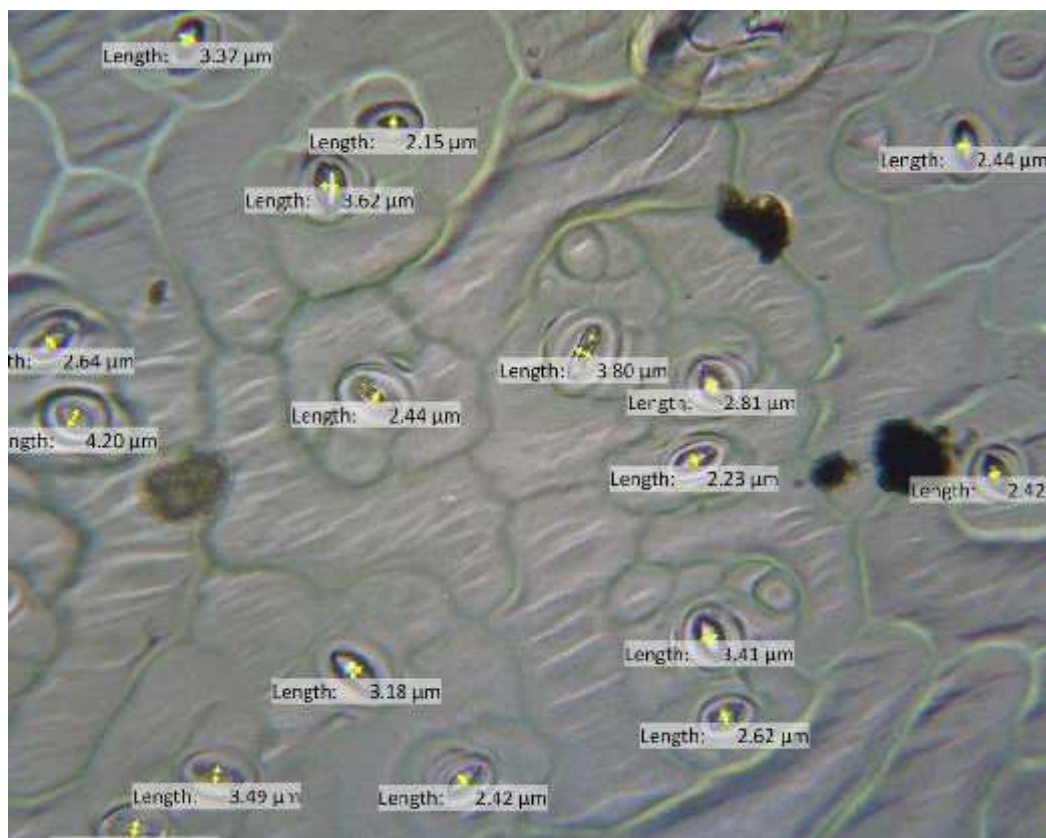
No	Lebar Stomata (µm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 µm	Rata-rata Lebar Stomata (µm)
1	3,27	13	3,458462
2	3,10		
3	4,53		
4	3,14		
5	3,03		
6	2,90		
7	4,12		
8	4,10		
9	3,43		
10	3,39		
11	3,31		
12	2,93		
13	3,71		

Data ke 4



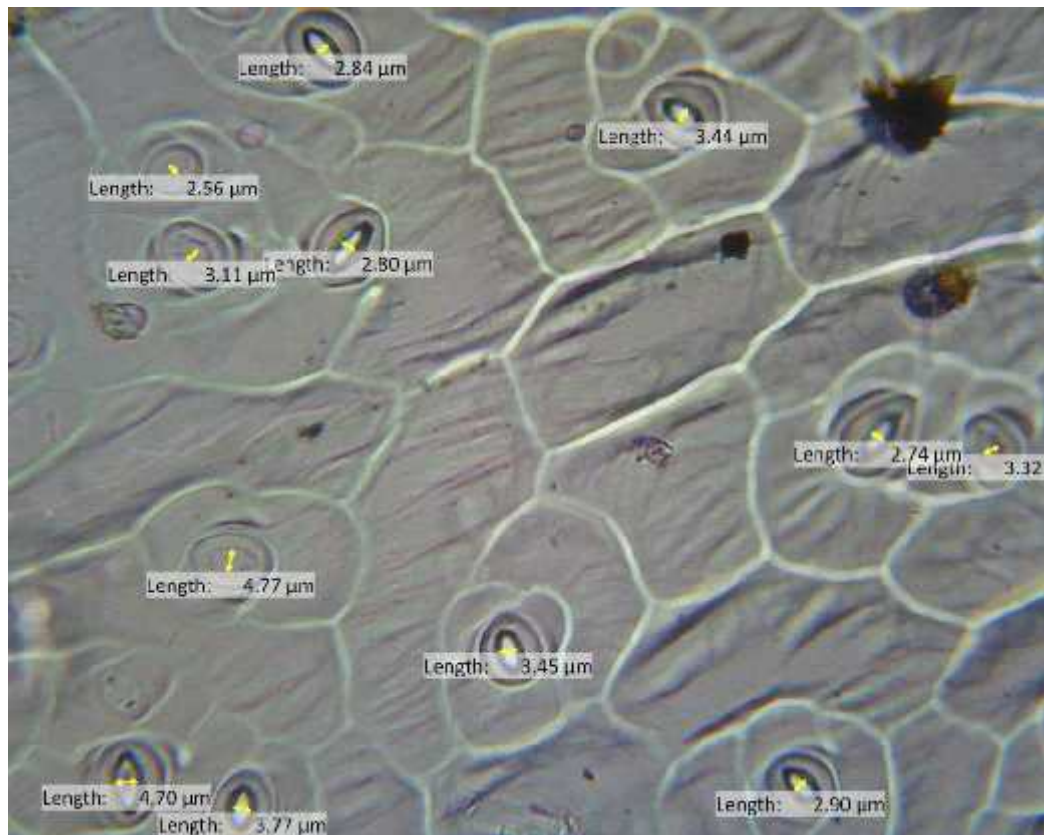
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,42	10	3,201
2	3,22		
3	2,93		
4	3,53		
5	2,53		
6	3,87		
7	3,13		
8	4,09		
9	2,35		
10	2,94		

Data ke 5



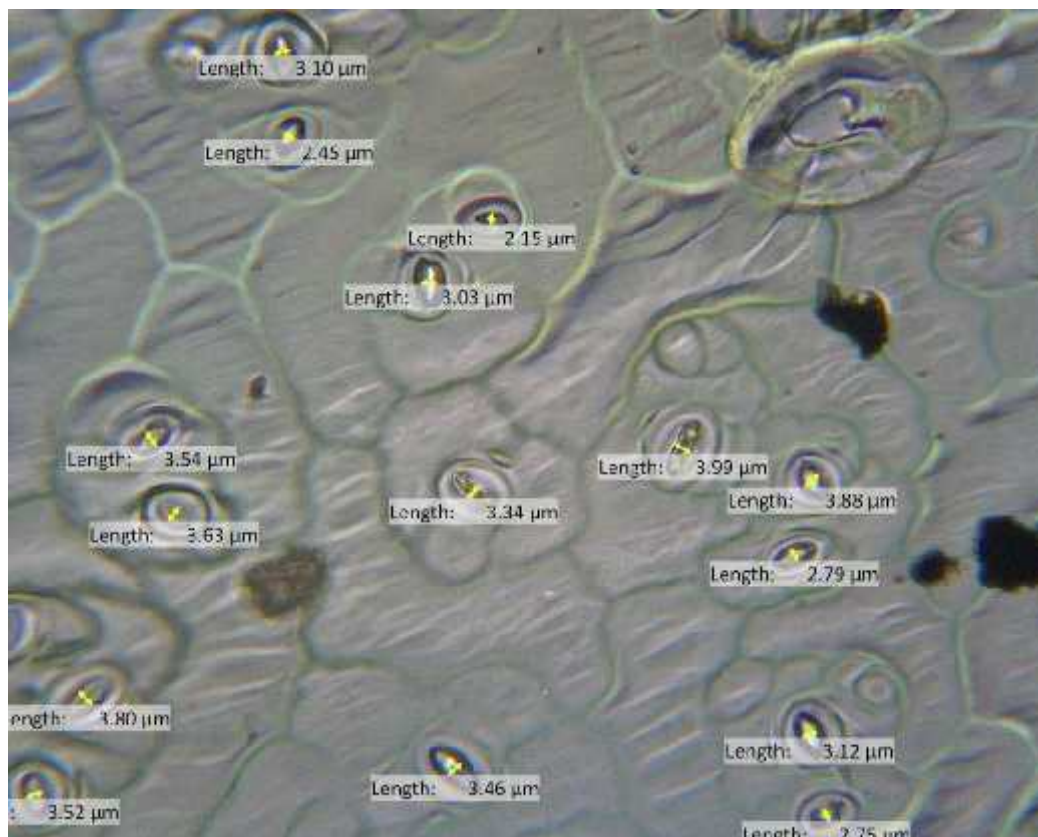
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,37	16	3,018125
2	3,62		
3	4,20		
4	3,18		
5	2,62		
6	2,42		
7	2,81		
8	2,44		
9	2,15		
10	2,64		
11	3,49		
12	2,42		
13	3,41		
14	2,23		
15	3,80		
16	3,49		

Data ke 6



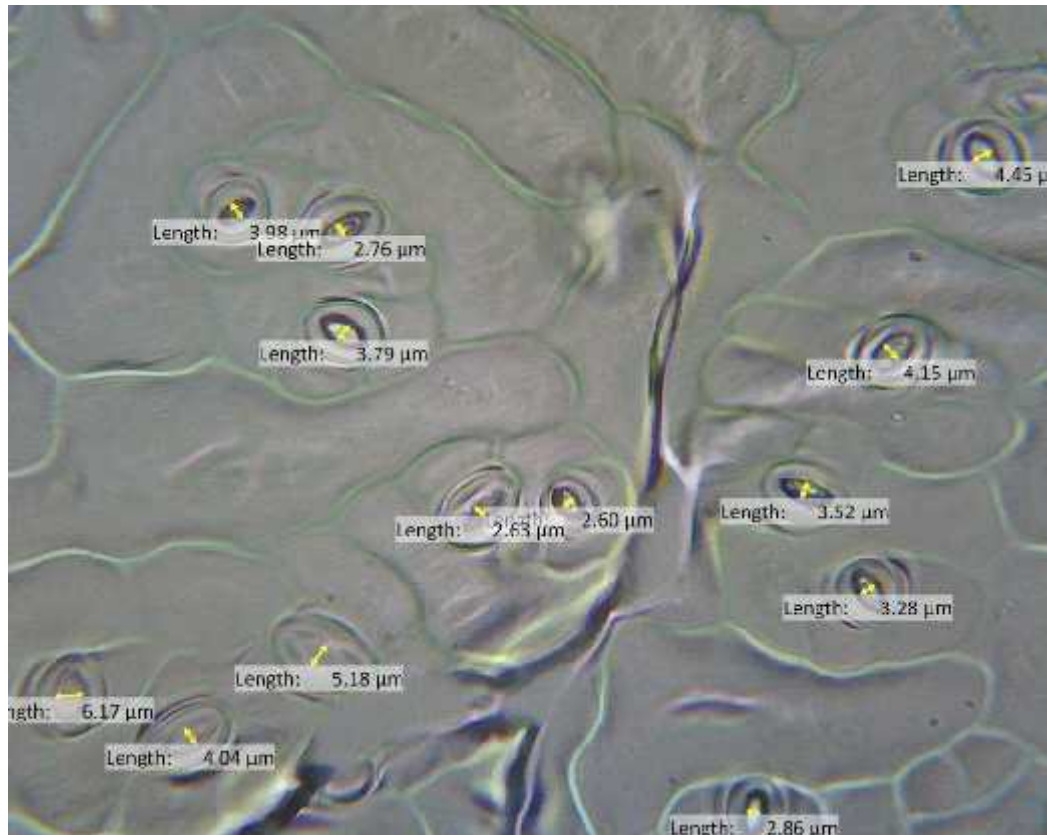
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,84	12	3,366667
2	3,11		
3	3,44		
4	3,32		
5	3,45		
6	4,70		
7	3,77		
8	4,77		
9	2,56		
10	2,80		
11	2,74		
12	2,90		

Data ke 7



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,10	15	3,17
2	2,15		
3	3,54		
4	3,30		
5	3,34		
6	3,99		
7	2,79		
8	2,25		
9	2,45		
10	3,03		
11	3,63		
12	3,52		
13	3,46		
14	3,88		
15	3,12		

Data ke 8



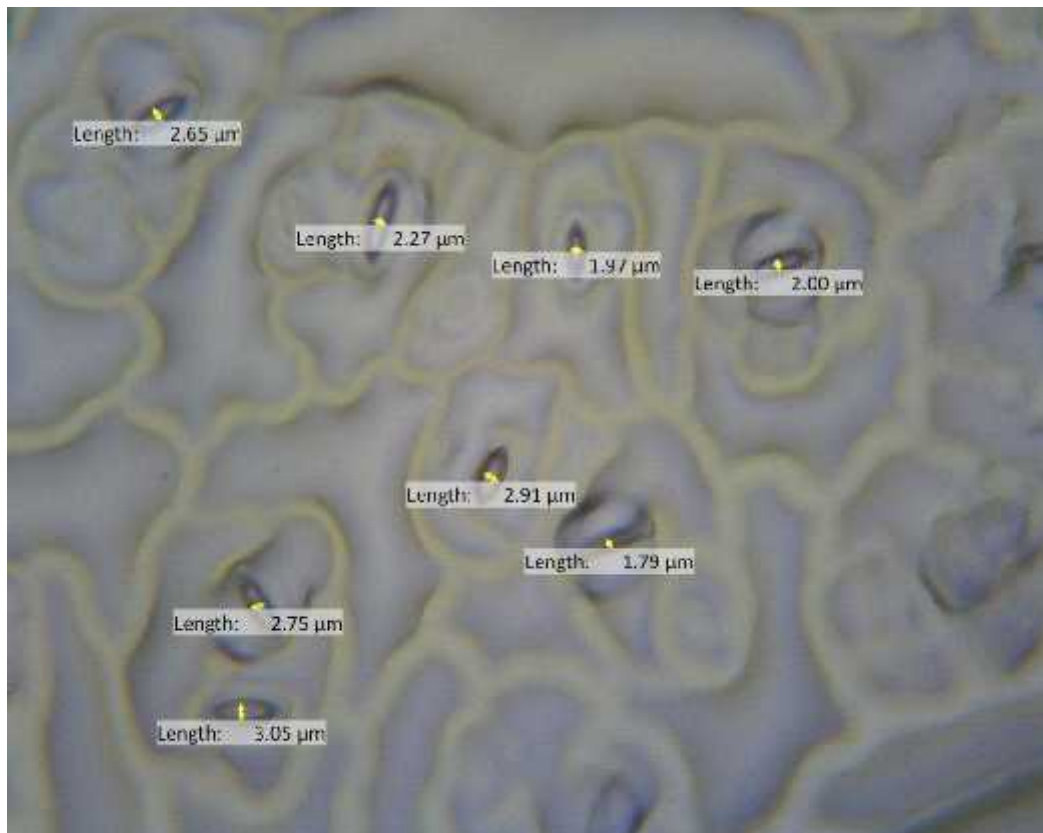
No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	4,45	13	3,8
2	3,52		
3	2,86		
4	2,63		
5	5,18		
6	3,78		
7	3,98		
8	2,76		
9	4,15		
10	3,28		
11	2,60		
12	4,04		
13	6,17		

Data ke 9



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	3,61	13	3,455385
2	3,84		
3	2,27		
4	2,74		
5	2,76		
6	3,46		
7	4,34		
8	3,28		
9	4,24		
10	3,19		
11	4,04		
12	3,15		
13	4,00		

Data ke 10



No	Lebar Stomata (μm)	Jumlah Stomata yang Membuka per 250 x 250 μm	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	2,65	8	2,4225
2	2,27		
3	1,97		
4	2,00		
5	2,91		
6	1,79		
7	2,74		
8	3,05		

Hasil rata-rata lebar pembukaan stomata pada setiap variasi jarak AOGS ke tanaman

No	Perlakuan	Rata-rata Jumlah Stomata	Rata-rata Lebar Stomata (μm)
1	Kontrol	9,2 = 9	2,1689977

2	AOGS	11,3 = 11	3,248025
---	------	-----------	----------

Perhitungan normalisasi data dengan metode min-max

No	Perlakuan		Data Rata-rata Lebar Stomata (μm)	Normalisasi
1	Kontrol		2,1689977	1
2	AOGS	Jarak 60 cm dari AOGS	3,731039	4
		Jarak 90 cm dari AOGS	2,692179	2,0048031
		Jarak 120 cm dari AOGS	3,290857	3,15460129

Rata-rata 2 kelompok perlakuan

Lampiran 127

Proses pengambilan data bobot segar hasil panen sawi pakcoy, a) Bobot segar basah daun sawi pakcoy, dan b) Bobot kering sawi pakcoy



(a)



(b)

Lampiran 128

Hasil penimbangan bobot panen sawi pakcoy

Tanaman Ke	Bobot Segar (gram)		Bobot Kering (gram)	
	Kontrol	AOGS	Kontrol	AOGS
1	170,3	138,4	11,9	10,4
2	277,5	224,8	7,8	17,1
3	155	207,7	11,2	15,4
4	274,3	288,5	16,6	20,6
5	285,5	358,7	18,4	22,9
6	186	285,8	10,9	19,1
7	161,4	237,3	13,7	19,6
8	173	286,5	9,3	18,5
9	223,5	210	13,6	17,8
10	250,5	149,5	15,1	10,7
11	184,3	385,2	14,8	29,5
12	156,4	280,6	10,9	21,9
13	153,4	303,9	9,7	22,8
14	143,4	202,2	6,9	19,5
15	142,6	204,4	9,6	18,3
16	196,9	257,8	13,7	17,4
17	266,1	326,3	14,1	22,6
18	188,8	267	7,9	18,4
19	179,3	259,9	7,1	16,9
20	279,9	211,4	13,1	15,7
Jumlah	4048,1	5085,9	236,3	375,1
Rata-rata	202,405	254,295	11,815	18,755

Lampiran 129

Hasil uji laboratorium prosentase kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) daun sawi pakcoy

Perlakuan	N (%)	K (%)
Kontrol	2,72	1,83
AOGS	3,41	2,46

Lampiran 130

Hasil perhitungan kadar klorofil pada daun sawi pakcoy

Spektrofotometer dengan $\lambda = 649$

Sampel Ke	Absorbansi (mg/l)	
	Perlakuan Kontrol	Perlakuan AOGS
1	0,629	0,873
2	0,578	0,749
3	0,621	0,688

Spektrofotometer dengan $\lambda = 665$

Sampel Ke	Absorbansi (mg/l)	
	Perlakuan Kontrol	Perlakuan AOGS
1	1,582	2,055
2	1,424	2,146
3	1,543	1,694

Rumus untuk mencari kadar klorofil

Klorofil a : $13,7 \times \text{OD } 663 - 5,76 \text{ OD } 646$ (mg/l)

Klorofil b : $25,8 \times \text{OD } 646 - 7,70 \text{ OD } 663$ (mg/l)

Klorofil total : $20,0 \times \text{OD } 646 + 6,10 \text{ OD } 663$ (mg/l)

Hasil perhitungan kadar klorofil

No	Klorofil A (mg/l)		Klorofil A (mg/l)		Klorofil Total (mg/l)	
	AOGS	Kontrol	AOGS	Kontrol	AOGS	Kontrol
1	23,12502	18,05036	6,6999	4,0468	29,9955	22,2302
2	25,08596	16,17952	2,8	3,9476	28,0706	20,2464
3	19,24492	17,56214	4,7066	4,1407	24,0934	21,8323
Rata-rata	22,4853	17,26401	4,7355	4,045033	27,3865	21,4363

Lampiran 131

Jadwal kegiatan uji coba AOGS di greenhouse dengan bahan uji tanaman sawi pakcoy dengan metode tanaman pertanian perkotaan

No	Tanggal	Kegiatan
1	25 september 2016	Peminjaman Green House
2	26 - 30 september 2016	Pembuatan media pembibitan

3	1 september - 20 september 2016	Pembibitan sawi pakcoy
4	25 september 2016	Penanaman bibit sawi pakcoy pada polybeg
5	26 september - 6 oktober 2016	Perawatan dan penyulaman
6	7 oktober 2016	Awal stimulus AOGS
7	13 oktober 2016	Pengambilan data tinggi sawi pakcoy
8	19 oktober 2016	Pemberian pupuk daun (gandasil D)
9	20 oktober 2016	Pengambilan data tinggi sawi pakcoy
10	23 oktober 2016	Pemberian pupuk NPK
11	27 oktober 2016	Pengambilan data tinggi dan luas daun sawi pakcoy
12	29 oktober 2016	Pemberian pupuk daun (gandasil D)
13	30 oktober 2016	Pemberian pestisida
14	3 november 2016	Pemberian pupuk NPK
15	4 november 2016	Pengambilan data tinggi dan luas daun sawi pakcoy
16	8 november 2016	Pemberian pupuk daun (gandasil D)
17	11 november 2016	Pengambilan data tinggi dan luas daun sawi pakcoy
18	12 november 2016	Pengambilan sampel lebar pembukaan stomata
19	13 november	Pemberian pupuk NPK
20	15 november 2016	Pengambilan sampel lebar pembukaan stomata
21	18 november 2016	Pengambilan sampel lebar pembukaan stomata
22	19 november 2016	Pengambilan data tinggi dan luas daun sawi pakcoy
23	21 november 2016	Pengambilan data prosentase klorofil daun

		sawi pakcoy
24	22 nopember 2016	Uji laboratorium kandungan nitrogen (N) dan kalium (K) daun sawi pakcoy